

**Orientations actuelles de la lutte biologique  
contre les mollusques  
vecteurs de trématodoses de l'homme et des animaux**

**THÈSE**

présentée

à l'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON

(Médecine-Pharmacie)

et soutenue publiquement le 12 janvier 1978

pour obtenir le grade de Docteur-Vétérinaire

par

**Jean-Christophe TOSI**

né le 26 décembre 1951

à ETAMPES (Essonne)

---



ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1977

N°

---

ORIENTATIONS ACTUELLES DE LA LUTTE BIOLOGIQUE  
CONTRE LES MOLLUSQUES  
VECTEURS DE TREMATODOSES DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

THESE

présentée

A L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD DE LYON  
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le

pour obtenir le Grade de Docteur-Vétérinaire

par

Jean-Christophe TOSI

né le 26 Décembre 1951 à ETAMPES (Essonne)



PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE  
DE LYON

---

- DIRECTEUR ..... Monsieur le Professeur FROGET
- DIRECTEURS HONORAIRES .... Messieurs les Professeurs TAPERNOUX, FLORIO

PROFESSEURS

|                  |                                                                                 |              |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 <sup>er</sup>  | Pharmacie et Toxicologie .....                                                  | M. LORGUE    |
| 2 <sup>es</sup>  | Anatomie descriptive - Extérieur - Anatomie appliquée .....                     | M. BARONE    |
| 3 <sup>es</sup>  | Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie .....                             | M. BOST      |
| 4 <sup>es</sup>  | Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique .....                          | M. TISSEUR   |
| 5 <sup>es</sup>  | Hygiène et Industrie des Aliments d'origine animale .....                       | M. FLACHAT   |
| 6 <sup>es</sup>  | Parasitologie et Maladies Parasitaires .....                                    | M. EUZEBY    |
| 7 <sup>es</sup>  | Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores - Législation Vétérinaire ... | M. FONTAINE  |
| 8 <sup>es</sup>  | Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour .....                | M. COTTEREAU |
| 9 <sup>es</sup>  | Technique chirurgicale - Pathologie chirurgicale .....                          | M. COULON    |
| 10 <sup>es</sup> | Obstétrique - Pathologie de la Reproduction .....                               | M. BERTRAND  |
| 11 <sup>es</sup> | Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie .....                         | M. OUDAR     |
| 12 <sup>es</sup> | Ethnologie - Zootechnie - Economie rurale .....                                 | M. FROGET    |
| 13 <sup>es</sup> | Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation .....                            | M. WOLTER    |
| 14 <sup>es</sup> | Physique et Chimie biologiques et médicales .....                               |              |
| 15 <sup>es</sup> | Maladies contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire .....                  | M. JOUBERT   |



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41554220\\_0005](https://archive.org/details/IA41554220_0005)

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. CHANTEGRELET, DELATOUR, DESCHANEL , JEAN-BLAIN, LAPRAS, LE NIHOUANEN

MM. BOIVIN, GASTELLU, MOUTHON

M. PRAVE

MAITRES DE CONFERENCES

MAITRES-ASSISTANTS AGREGES

MAITRES-ASSISTANTS

Mme CHAUVÉ, MM. FRANCK, FAU, GARNIER, GEVREY, GOUY, KECK, LABE, Mlle LAVAL, M. LEGEAY, Mme RACHAIL, M. RICHARD

ASSISTANTS

MM. BELLI, BEZEAUD, CHEVRIER, Mlle COURSAT, MM. DEGUELLE, DEMONT, DESCOTES, EUZEBY, Mlle FLEURY, GENIN, MOREAU, NEYRET, PERROTIN, Mme SIMONET, M. SOTTIAUX

EXAMINATEURS DE LA THESE

|                    |                          |                                  |
|--------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Président          | : M. le Professeur ..... | de la Faculté de Médecine        |
| Premier assesseur  | : M. le Professeur ..... | de l'Ecole Nationale Vétérinaire |
| Deuxième assesseur | : M. le Professeur ..... | de l'Ecole Nationale Vétérinaire |

---

*L'Université CLAUDE-BERNARD (Médecine-Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées ici sont considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.*



A MES PARENTS,

*Que ce travail soit pour eux un témoignage  
d'affection et de reconnaissance pour tous  
les sacrifices qu'ils ont consentis pour moi.*

A MA FAMILLE,



*A Monsieur le Professeur COUDERT de la*

*Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon,*

*Qui nous a fait l'honneur de présider le Jury de notre thèse.*

*Qu'il veuille trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.*



*A Monsieur le Docteur GRABER,*

*Vétérinaire,*

*Qui, inlassablement, nous a fait profiter de son travail, de  
son aide et de ses conseils.*

*Qu'il veuille trouver ici l'expression de notre profonde  
reconnaissance et de notre respect.*



*A Mademoiselle MICHEL,*

*du Laboratoire de Biologie Animale et d'Ecologie de  
l'Université Claude Bernard de Lyon.*

*A Monsieur RICHARD,*

*Maître-Assistant à l'Ecole Vétérinaire de Lyon.*

*Pour leur précieuse collaboration.*

*Qu'ils en soient remerciés.*



## INTRODUCTION

Les grandes endémies parasitaires : Bilharzioses, Paludisme, Trypanosomoses, constituent l'un des fléaux des pays en voie de développement, et, partant, l'une des préoccupations majeures de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) et de l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O.). En dépit des très nombreuses recherches que ces parasitoses ont suscitées et suscitent encore, le sujet est loin d'en être épuisé.

Parmi ces Helminthoses, les Trématodoses occupent une place prépondérante tant du point de vue humain que vétérinaire.

Le cycle évolutif des trématodes est plus ou moins complexe : rarement direct (et même jamais pour les animaux supérieurs), il est le plus souvent indirect et fait intervenir un, deux ou trois hôtes intermédiaires. Parmi ces hôtes intermédiaires on trouve toujours un mollusque, soit seul, soit au titre de premier hôte intermédiaire de la chaîne du cycle, mollusque contre lequel les experts de l'O.M.S. cherchent à lutter de toutes les façons : en effet, il est maintenant bien reconnu que la prophylaxie de ces maladies ne peut se passer de la lutte — destruction ou contrôle des populations — contre les mollusques hôtes intermédiaires, éléments indispensables du cycle parasitaire.

C'est donc un problème de grande actualité, d'autant plus que dans bien des circonstances, l'emploi des molluscicides chimiques est délicat : leur absence de sélectivité à l'égard de la faune dont certains éléments (poissons) sont d'importants aliments protidiés, leur emploi compliqué et coûteux, le risque d'accumulation dans les points d'eau utilisés par l'homme, sont autant de motifs suffisants pour rechercher les moyens d'une lutte plus souple et nuancée, adaptée, si possible sans dangers, et de prix de revient modéré. La lutte biologique — ou du moins l'idée d'une telle lutte — contre les mollusques hôtes intermédiaires des Trématodes parasites de l'homme et des animaux domestiques, ne date pas d'aujourd'hui. Mais son application raisonnée et surveillée est récente, et dans bien des cas les efforts entrepris en ce sens n'en sont qu'au stade d'applications expérimentales localisées. Mais il est vain de rechercher, en matière de lutte biologique, des solutions universelles, tant il est vrai qu'à chaque région, à chaque climat, à chaque problème parasitologique particulier, correspond une solution propre.



Nous rappellerons brièvement diverses notions générales concernant les grandes Trématodoses transmises par les mollusques, et certains aspects de la biologie des mollusques en cause, permettant de mieux saisir l'importance et l'intérêt, mais aussi les difficultés, des moyens de lutte biologique à opposer à la pullulation de ces mollusques. Puis nous ferons état des recherches entreprises au cours de deux années au Laboratoire de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, sous la direction de M. le Pr EUZEBY et du Dr GRABER. Ces recherches s'inscrivent dans le cadre général de l'étude de divers agents biologiques susceptibles de détruire les vecteurs de la Schistosomose humaine à Schistosoma mansoni.



## PREMIERE PARTIE : RAPPEL DE NOTIONS GENERALES

### I - LES TREMATODOSES

#### A. LES BILHARZIOSES

Parmi les Trématodoses transmises par des mollusques, les Bilharzioses sont les plus importantes, en tous cas pour l'homme. Ce sont des maladies vermineuses déterminées chez les mammifères, dont l'homme, et les oiseaux, par le parasitisme de Trématodes digènes gonochoriques, à localisation vasculaire et plus spécialement veineuse : les Schistosomes ou Bilharzies. Chez l'homme, on connaît :

- 1) La Bilharziose vésicale à Schistosoma haematobium, transmise par des Bulinidae. Elle est répandue en Afrique, en Asie et en Europe.
- 2) La Bilharziose intestinale à Schistosoma mansoni, les vecteurs en sont des Planorbidae. C'est la plus grave de ces helminthoses, et elle est souvent compliquée d'une forme hépatosplénique. Le traitement en est possible par divers agents chimiothérapeutiques, mais ces médicaments, envers lesquels la tolérance de l'organisme n'est pas toujours bonne, ne constituent qu'un moyen limité de lutte antibilharzienne. Elle est très répandue dans les zones tropicales d'Afrique et d'Amérique (Brésil) et aux Antilles.
- 3) La bilharziose intestinale, pulmonaire et hépatique à Schistosoma japonicum, transmise par des Prosobranches (Oncomelania). Elle est répandue en Extrême-Orient.
- 4) Plus rarement, la Bilharziose intestinale à Schistosoma intercalatum, transmise par Bulinus (Physopsis) africanus, et les Bilharzioses intestinales d'origine animale à Schistosoma bovis et surtout Schistosoma mattheei, transmises par d'autres Bulinidés. Ce sont des zoonoses ouest-africaine pour la première et sud-africaine pour la seconde.

Les Bilharzioses, jusqu'en 1971, étaient considérées par l'O.M.S. comme les deuxièmes des maladies parasitaires les plus importantes au monde après le paludisme. En 1971, on considéra qu'elles devinrent les premières, surpassant la malaria. Elles continuent de l'être depuis, malgré les recherches, très nombreuses et très coûteuses, consacrées à divers aspects de leurs épidémiologies et de leurs prophylaxies. Outre l'homme, les Bilharzioses affectent, dans les condi-



tions naturelles, des animaux domestiques (bovins, ovins, caprins, équidés, suidés, chiens, chats, oiseaux essentiellement ansériformes), et des animaux sauvages (55).

Ces maladies sont distribuées dans toutes les régions chaudes et tempérées-chaudes de tous les continents, et leur importance est très grande. J. EUZEBY les qualifie de "véritable fléau sur lequel on n'a peut-être pas assez attiré l'attention". Elles sont endémiques en 72 pays, représentant une population de deux milliards d'habitants, où elles sont cause d'une très grande morbidité et d'un affaiblissement grave de l'état général. Certaines de ces maladies ont une répartition géographique très précise ; les bilharzioses de l'homme et des mammifères sont très rarement Européennes, et évoluent, dans les régions où elles sont répandues, sous forme de foyers centrés sur les pièces et les cours d'eau. Les bilharzioses aviaires ont, au contraire, une très vaste distribution, non seulement dans les pays tropicaux, mais aussi dans les régions tempérées ou froides. Aujourd'hui, plus de 500 millions d'hommes sont parasités et il n'existe aucun moyen efficace d'enrayer la progression de l'endémie. Celle-ci réduit l'activité des sujets parasités et impose aux collectivités une lourde charge financière pour traiter les malades. En effet :

- aucun médicament n'est utilisable pour le traitement de masse. Le Niridazole, seul produit efficace, est trop toxique pour le système nerveux central et ne peut être administré hors d'une surveillance médicale. La mortalité n'est heureusement pas en rapport avec la morbidité. Elle atteint cependant 0,05 pour 100 000 malades.
- la contamination se fait par simple contact avec l'eau contenant les furcocercaires du parasite. Elle est donc quotidienne en zone d'endémie, là où les individus ont de fréquents contacts avec le milieu aqueux. Il faut aussi signaler, chez l'homme, l'existence des bilharzioses pré-imaginales (dermatites des nageurs) également contactées par l'intermédiaire de l'eau souillée par les furcocercaires de Schistosomes d'origine animale.
- la pullulation des mollusques-hôtes ne peut être enrayerée par aucun des moyens actuellement préconisés : l'assèchement périodique des collections d'eau est soit impossible (rivières, étangs, points d'eau innombrables, souvent indispensables soit inefficace (les mollusques survivent plusieurs semaines en anhydrobiose). De plus, le coût de telles mesures est très élevé.



Les composés molluscicides sont chers et sont rapidement inactivés dans la nature. Tous se révèlent toxiques pour d'autres organismes aquatiques et générateurs de déséquilibres faunistiques. Directement ou indirectement, ils entraînent la mort ou la raréfaction des poissons qui sont souvent la seule source de protéines animales pour les populations humaines locales, ou des crustacés recherchés, telles que, par exemple, les crevettes dulçaquicoles "ouassous" (Macrobrachium carcinus) en Guadeloupe, qui constituent l'un des attrait gastronomiques de l'île.

## B. LES PARAGONIMOSSES

Trématodoses pulmonaires graves sévissant en Extrême-Orient (Corée, Chine, Îles du Pacifique), en Amérique, en Afrique. Parmi de nombreuses espèces, citons à titre d'exemple le cycle évolutif de Paragonimus westermanni (= ringeri). Il présente deux hôtes intermédiaires : un mollusque aquatique prosobranch du genre Melania, et un crustacé dulçaquicole, crabe ou écrevisse, ce qui rend la prophylaxie très difficile. Chiens, chats, carnivores sauvages sont, avec l'homme, les hôtes définitifs.

## C. LES OPISTORCHIDOSSES

Distomatoses hépato-biliaires affectant les animaux ichthyophages (chien et chat en particulier), et l'homme, pouvant être graves chez ce dernier. Elles sont répandues en Amérique du Nord (Metorchis spp.) et en Europe (Opisthorchis felinus) et surtout en Extrême-Orient où se situent les espèces les plus pathogènes et notamment la "Douve de Chine", Clonorchis sinensis (famille des opisthorchiidés). Ce sont des zoonoses. Le premier hôte intermédiaire des opisthorchiidés est un mollusque gastéropode prosobranch d'eaux douces ou saumâtres de la famille des Amnicolidés, et de la sous-famille des Buliminés (genres Bulimus (= Bithynia), et Parafossarulus). Le second hôte intermédiaire est un poisson, carpe ou cyprin. Ce poisson est responsable de l'infestation de l'homme s'il est ingéré cru ou mal cuit.

Signalons ici que le Trématode Notocotylus attenuatus, parasite intestinal des Anseriformes, reconnaît comme premier hôte intermédiaire les mêmes mollusques que Clonorchis sinensis, et qu'il s'y développe en provoquant chez ses hôtes un processus de castration parasitaire susceptible de diminuer l'extension de l'espèce. L'introduction, dans les aires infestées, de canards parasités par N.



attenuatus a effectivement entraîné la raréfaction des hôtes intermédiaires de C. sinensis. Il faut encore ajouter à ce contrôle biologique l'action prédatrice propre des canards.

#### D. AUTRES TREMATODOSES HEPATOBILIAIRES

Outre les Opisthorchiidoses, il faut rappeler la très grande importance de la Fasciolose, tant en Europe (Fasciola hépatica), qu'en pays tropical (Fasciola gigantica). De très nombreux mammifères, l'homme compris, peuvent être atteints, mais les Ruminants sont frappés électivement.

#### E. LE POLYPARASITISME

Le Polyparasitisme est fréquent chez l'animal en milieu tropical, mais les dominantes varient d'un pays à l'autre au sein d'une même espèce (48) (49) (50) (59).

1) Chez les Ruminants, les Trématodes les plus fréquents sont :

- Fasciola gigantica et Dicrocoelium hospes, parasites du foie et des voies biliaires.
- Carmyerius sp., parasite hématophage vivant dans le rumen (85).
- Cotylophoron cotylophorum, parasite du rumen et du réseau.
- Paramphistomum explanatum, P. Cervi, P. microbothrium, parasites du rumen des Artiodactyles domestiques et sauvages (48) (85).
- Schistosoma bovis.

L'importance économique de ce parasitisme est grande. Chez les Bovins en Ethiopie (30), les Paramphistomoses sont les Helminthoses majeures (30 %) avec les Fascioloses (21 %), bien avant les Strongyloses digestives (18 %) et les Schistosomes (moins de 1 %). Dans 17 % des cas, les parasites sont associés, l'association dominante étant Paramphistomes-Fasciola. Chez les Ovins, Fasciolose et Paramphistomoses sont également très importantes, mais ce sont là les Strongyloses digestives qui font payer le plus lourd tribut au cheptel ovin d'Ethiopie.

Chez les Zébus d'Afrique centrale, GRABER (74) (79) (80) signale la présence chez près de 50 % des adultes, de nombreux Trématodes, souvent associés, localisés



dans les voies biliaires (*Fasciola gigantica*) et au Rumen (Paramphistomidae et Gastrothylacidae du genre Carmyerius).

2) Chez les Equidés, GRABER (73) signale l'existence au Tchad du Trématode de la famille des Paramphistomidae, Gastrodiscus aegyptiacus, parasite du gros intestin. Ce parasite évolue par l'intermédiaire de Bulins (Bulinis forskali). Sa transmission est favorisée par certaines pratiques d'élevage qui consistent à rechercher pour le cheval des zones de pâture toujours vertes. La Gastrodiscose touche, au Tchad, 60 % des chevaux. C'est une maladie anémiant, l'anémie étant plus provoquée par perte d'appétit que par l'action directe spoliatrice du parasite. Elle est souvent associée à des parasitismes à base de "strongles", Parascaris notamment.

Fasciola gigantica est retrouvé, toujours chez les Equidés, dans le foie et les canaux biliaires. Le vecteur est, au Tchad, Limnae natalensis.

Schistosoma bovis est signalé chez les chevaux et les ânes au Tchad, en Somalie, au Soudan. Le vecteur est Bulinus truncatus.

3) Chez le Porc, on signale (EUZEBY) des Distomatoses hépato-biliaires dues à Clonorchis sinensis, des Schistosomoses à Schistosoma incognitum et des Paragonimoses à Paragonimus kellicoti.

## II - BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES MOLLUSQUES

Rappelons quelques notions essentielles, développées par ailleurs (20) (56) (57), mais indispensables à la suite.

### A. TAXONOMIE

Les mollusques hôtes intermédiaires des Trématodes qui nous intéressent appartiennent essentiellement à la classe des Gastéropodes. Les Gastéropodes se subdivisent en deux sous-classes (57) (78) :

A - Streptoneures (= Prosobranches) : Coquille bien développée, très généralement fermée par un opercule, une paire de tentacules, chaîne nerveuse croisée, aquatiques, vivant en eau douce ou en eau saumâtre, rarement terrestres. Les Streptoneures se divisent en trois ordres :



B - Archéogastéropodes.

B' - Mésogastéropodes.

B'' - Néogastéropodes.

A' - Euthyneures, chaîne nerveuse non croisée. Cette sous-classe groupe elle-même deux sections :

C - Opisthobranches : cavité palléale et branchies souvent absentes.

C' - Pulmonés : cavité palléale sans branchies, transformée en chambre pulmonaire s'ouvrant sur le côté droit du bord du manteau, en avant de la coquille lorsqu'elle existe. Les Pulmonés se divisent en deux ordres :

D - Basommatophores : Une paire de tentacules, à la base desquels s'ouvrent les yeux.

D' - Stylommatophores : Deux paires de tentacules, yeux portés par les tentacules postérieurs, les plus longs.

Du point de vue de l'épidémiologie des Trématodes à Digènes, on peut distinguer :

I) Gastéropodes Dulçaquicoles :

A) Coquille operculée : Prosobranches.

B) Opercule à striation concentrique, à noyau sub-central :

C) Coquille très volumineuse (30-50 mm) : 2 pseudo-tentacules courts : Pélidés (= Ampullariidés).

C') Coquille plus petite (25-30 mm) : tentacules longs et minces : Viviparidés.

B') Opercule à striation spirale, à noyau sub-central :

D) Opercule multispire :

E) Coquille circulaire : Valvatidés.

E') Coquille haute : Thiariidés (= Mélaniidés).

D') Opercule paucispire :

F) Coquille épaisse et lourde : Pleurocérédés.

F') Coquille mince et légère : Amnicolidés (= Hydrobiidés = Bulimidés = Bithyniidés).

A') Coquille non operculée : Pulmonés (tous basommatophores).

G) Coquille patelliforme : Ancyliidés,

G') Coquille spiralée :

H) Coquille discoïde, spiralée dans un plan, en ressort de montre : Planorbidés.



H') Coquille non discoïde, spiralée dans l'espace, plus ou moins cônica :

I) Senestre :

J) Pied large et ovale : Bulinidés.

J') Pied long et étroit : Physidés.

I') Dextre : Limnéidés.

Parmi ces Gastéropodes dulçaquicoles, il faut signaler deux espèces amphibies :  
Limnea truncatula et Oncomelania spp.

## II) Gastéropodes terrestres.

Les mollusques que nous retiendrons dans ce groupe sont tous des Pulmonés stylommatophores.

A) Une coquille externe.

B) Coquille de hauteur < largeur :

C) Coquille généralement aplatie, mince : Endodontidés.

C') Coquille généralement globuleuse, épaisse : Hélicidés.

B') Coquille beaucoup plus haute que large.

D) Coquille allongée :

E) Coquille dextre de 6 à 8 mm sans ombilic : Cochlicopidés (= Cionel-  
lidés).

E') Coquille dextre ou senestre de 12 à 25 mm, à ombilic étroit : Enidés.

D') Coquille sub-ovoïde : Succinéidés.

A') Pas de coquille externe.

F) Manteau ne couvrant que le tiers antérieur de la face dorsale :

G) Une crête médio-dorsale postérieure : Limacidés.

G') Pas de crête médio-dorsale postérieure : Arionidés.

F') Manteau couvrant presque toute la face dorsale : Philomycidés.

## III) Gastéropodes d'eaux saumâtres.

Toutes les espèces à retenir dans ce groupe appartiennent à la section des Proso-  
branches ou Operculés. Deux familles nous intéressent :

A) Coquille allongée, nettement sculptée : Potamidés.

A') Coquille allongée, sculptée ou lisse : Nassariidés.



## B. BIOLOGIE

La connaissance parfaite du mode de vie des mollusques est indispensable avant d'entreprendre une lutte efficace contre eux : en effet, de leur biologie, de leur écologie, du milieu dans lequel ils vivent dépend le choix du moyen le plus approprié à les atteindre, et il est bien évident que les mêmes méthodes ne seront pas appliquées aux mollusques amphibies, aux mollusques aquatiques et aux mollusques terrestres. C'est pourquoi il convient de rappeler des notions essentielles à ces trois groupes.

1) Les mollusques amphibies, tels que les Oncomelania spp. et Limnea truncatula. L'exemple le plus typique en est Limnea truncatula, hôte intermédiaire de Fasciola hepatica. La limnée tronquée n'est pas un mollusque aquatique, mais amphibie ; elle vit surtout en bordure de l'eau, et les biotopes "intermédiaires" lui sont les plus favorables. Elle ne vit pas en milieu couvert, mais en présence de lumière, nécessaire à la vie de Chlorophycées et de Cyanophycées dont elle se nourrit. Sa température optimale de développement est de 20-22°C. On lui distinguera ainsi deux types essentiels d'habitats :

- les réservoirs : bords des pièces d'eau, surtout des abreuvoirs, etc... sont signalés par une flore particulière (Renoncules) ;
- les habitats annexes : ornières, dépressions du sol (passages d'animaux), zones boueuses, etc.

La limnée est un mollusque hermaphrodite capable d'auto-fécondation, ce qui rend son éradication très difficile ; elle est apte à se reproduire dès l'âge de 5 semaines ; l'incubation dure 12 à 14 jours à 16-20°C ; et 30 à 40 jours à 10°C ; au-dessous de 10°C, il n'y a pas d'incubation, mais survie de l'oeuf. La longévité de la Limnée est de un an en général, mais l'estivation ou l'hibernation peut prolonger sa vie.

Sa résistance est mauvaise contre la sécheresse, mais elle peut résister au trop grand froid ou au trop grand chaud en hibernant ou en estivant.

Les Oncomelania, hôtes intermédiaires de S. japonicum, sont des gastéropodes amphibies, dont les biotopes électifs sont les bords humides et herbeux des pièces et cours d'eau ; leurs oeufs sont petits et sont pondus isolément ou en courtes chaînes.



2) Les mollusques aquatiques, tels que Biomphalaria pfeifferi ("Planorbe"), vecteur de Schistosoma mansoni, Physopsis (Bulinus) africanus ("Bulin"), vecteur de Schistosoma haematobium et de S. bovis, Limnea auricularia natalensis, vecteur de Fasciola gigantica.

Ces trois mollusques sont aquatiques mais leur respiration est aérienne, ils remontent en surface à intervalle plus ou moins régulier ; on les trouve aussi bien dans les eaux stagnantes que dans les eaux courantes. Biomphalaria en particulier, est un mollusque d'une grande plasticité écologique et s'établir aussi bien dans les eaux courantes très claires que dans les eaux subissant un très haut degré de pollution (égouts, par exemple). La ponte a lieu dans l'eau et les oeufs ne survivent pas à une émergence de plus de 6 heures. Les mollusques sont adultes à 4 ou 5 mois : à cet âge, ils commencent à pondre. Leur longévité dépasse rarement un an et leur mort est bien souvent anticipée du fait du parasitisme, des prédateurs, (crustacés, poissons, larves d'insectes) et des facteurs climatiques.

Limnea natalensis, hôte intermédiaire de Fasciola gigantica, vit dans l'eau et non au bord de l'eau. S'il lui arrive de quitter le milieu liquide sur une tige de plante par exemple, ce n'est que pour une très courte incursion dans le milieu aérien. Si ce séjour en milieu aérien dure trop comme cela peut arriver lorsque la Limnée est déposée sur le sol par une baisse un peu rapide du niveau de l'eau, elle se dessèche et meurt. Si elle se trouve bloquée dans une petite collection d'eau, la Limnée peut mourir si la température de cette eau est élevée au-dessus de 30°C, sinon elle garde toute sa vitalité (28 (29)).

Elle peuple les collections d'eau jusqu'à 2 200 m. En Ethiopie, par exemple (78), il existe, entre 1 000 et 2 200 m, deux espèces de Limnées (L. natalensis et Galba truncatula) à biologie différente, capables de transmettre des Fasciola, ce qui explique pourquoi il n'est pas rare de rencontrer à l'autopsie des bovins, des associations de Fasciola hepatica et de Fasciola gigantica.

Les Pulmonés aquatiques peuvent survivre plus de 6 mois et anhydrobiose dans la boue séchée, protégés par leur épiphragme mucoprotéique.

3) Les mollusques terrestres, ne nous retiendront pas quant aux Trématodoses, car d'une part, les maladies correspondantes sont moins importantes et d'autre part, les problèmes sont moins bien étudiés.



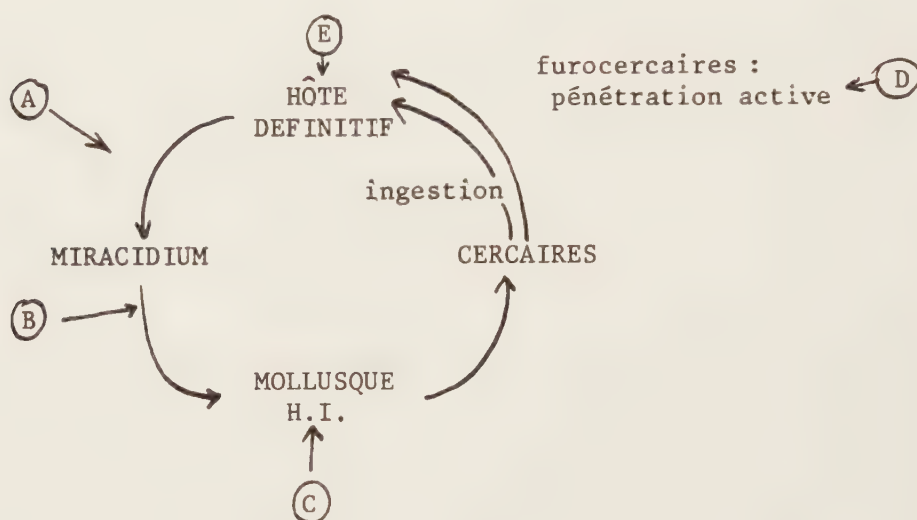
111 - CYCLES EVOLUTIFS

Le cycle évolutif des Trématodes Digènes varie avec les divers groupes naturels. On peut schématiser de la façon suivante les diverses possibilités évolutives des Digènes (57) :

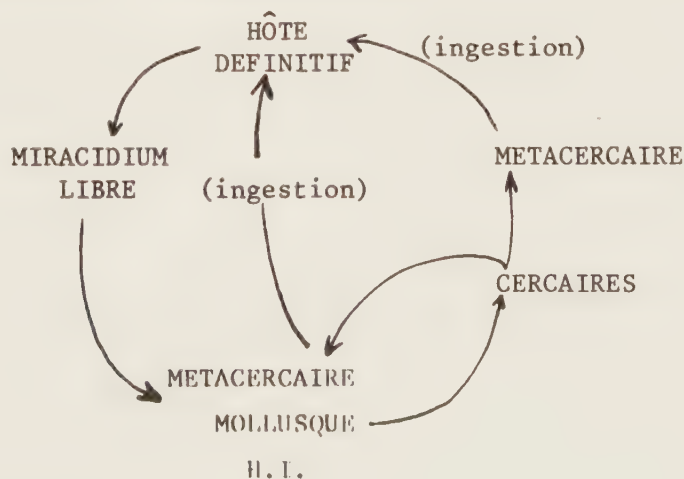
A) Cycles évolutifs à 2 hôtes : Un seul hôte intermédiaire. Chez celui-ci se forment des cercaires dont le devenir est variable :

1) Cercaires émises par le mollusque et libérées dans le milieu extérieur :

a) Cercaires directement infestantes et ne donnant pas de métacercaires :



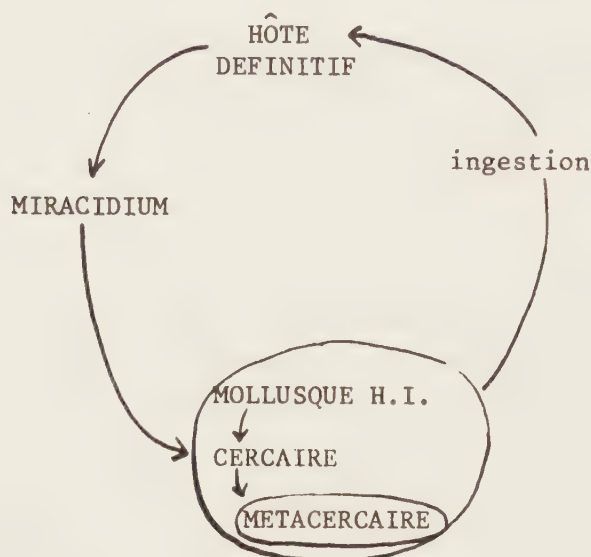
b) Les Cercaires s'enkystent sous forme métacercarienne dans le milieu extérieur (Ex. Fasciolidés et Paramphistomidés) :





La métacercare peut se fixer sur un végétal (Fasciolidés) ou sur la coquille elle-même de l'hôte intermédiaire (Notocotylidés).

2) Les Cercaires ne quittent pas l'hôte intermédiaire et s'enkystent dans les tissus mêmes du mollusque, ou bien dans le sporocyste :

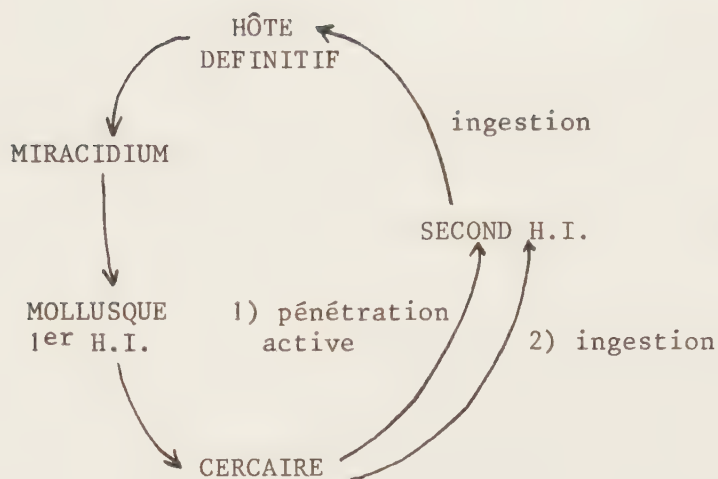


B) Cycles évolutifs à 3 hôtes : Deux hôtes intermédiaires : le premier hôte intermédiaire est toujours un mollusque chez qui se forment des cercaires. Celles-ci s'enkystent ensuite chez un deuxième hôte intermédiaire qui peut être un autre mollusque, de même espèce que le premier ou d'espèce différente, un annélide, un crustacé, un insecte, un poisson, un amphibien, un reptile. Ce second hôte intermédiaire s'infeste selon plusieurs modalités :

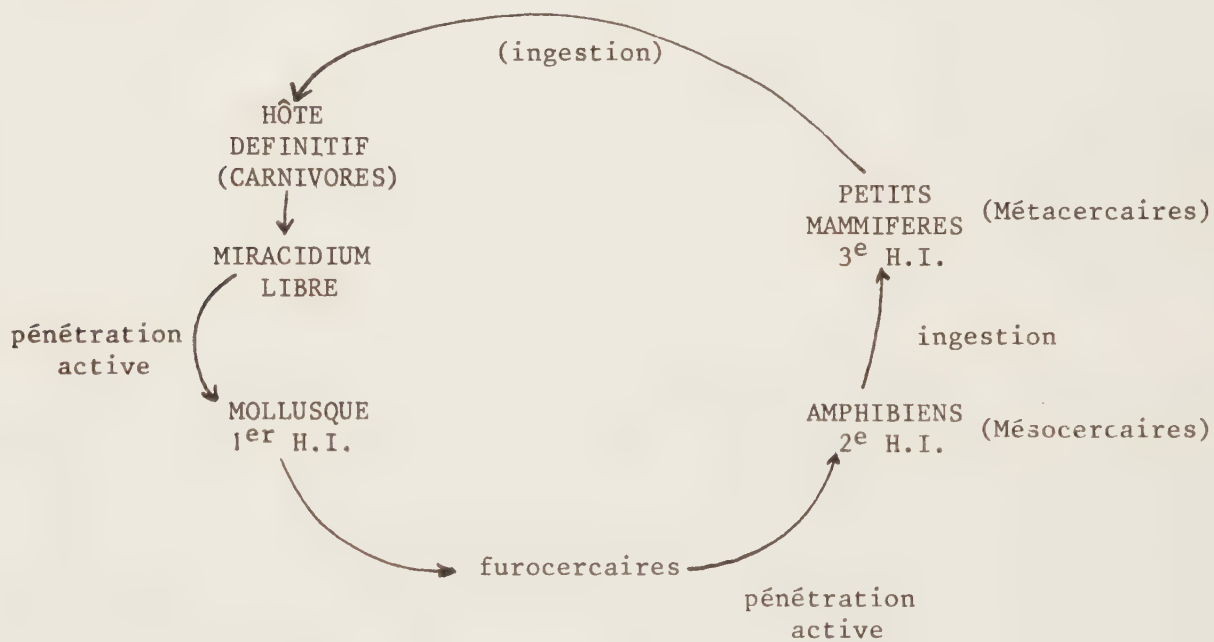
1) La cercaire libre, émise par le premier hôte intermédiaire, pénètre activement chez le second hôte (Ex. les Paragoniums : le 2nd H.I. est un crustacé).

2) La cercaire libre, émise par le premier hôte intermédiaire est ingérée par le second hôte intermédiaire (Ex. petite douve du foie).





C) Cycles évolutifs à 4 hôtes : Cette modalité, très rare, comporte le passage des parasites par 3 hôtes intermédiaires successifs. Ex. : Strigéïdés du genre Strigea, parasites intestinaux de mammifères et d'oiseaux carnivores :





#### IV - PROPHYLAXIE DES TREMATODOSES

La prophylaxie des maladies déterminées par les Trématodes est théoriquement très simple. Elle est basée sur l'interruption du cycle évolutif des parasites par des "coupures" pratiquées en un ou plusieurs points de ce cycle (Voir le Cycle 1).

A) Action sur les oeufs. Elle est difficile. Peu de molluscicides ont une action ovicide. (La Niclosamide, l'I.C.I. 24223, l'oxyde de tributyl-étain, l'acétate de triphényl-plomb, se rangent parmi les rares molluscicides ovicides.) Seul le drainage des sols peut empêcher leur incubation.

B) Action sur les larves libres, souvent sensibles et fragiles, mais pas toujours (métacercaires de Fasciola hepatica et F. gigantica). Pratiquement, ce mode d'action se confond avec la lutte contre les mollusques. On a toutefois signalé l'action prédatrice de petits crustacés planctoniques : Copépodes du genre Cyclops sur les formes larvaires libres de Schistosomes, ainsi que celle d'un Cladocère, Daphna pulex (la puce d'eau) et un Ostracode, Cypridopsis hartwigi, mais ces deux derniers sont beaucoup moins véloces que les Cyclops et moins capables de rattraper des miracidiums et des cercaires (25). Toutefois, ces petits crustacés planctoniques sont eux-mêmes la proie des poissons aussi leur utilisation à titre prophylactique dans les milieux naturels semble bien aléatoire.

C) Action sur les mollusques hôtes-intermédiaires. En Europe Septentrionale, et en particulier en France, ces mollusques sont surtout amphibies (Limnea truncatula), ce qui rend difficile cette lutte à mener dans le milieu extérieur. La lutte chimique, et aussi écologique, trouve ici sa pleine justification. Mais dans les pays tropicaux, où les mollusques en cause sont le plus souvent aquatiques, nous avons déjà signalé les difficultés et les dangers que représente l'utilisation des molluscicides. C'est là tout l'intérêt de la lutte biologique et nous reviendrons sur cette notion. Par ailleurs, les maladies qui nous occupent sont très répandues dans les pays en voie de développement, où il est difficile d'enseigner des règles d'hygiène, de modifier des coutumes, d'envisager des mesures coordonnées telles que l'assainissement des collecteurs d'eau, par exemple. Aussi préfère-t-on, pour lutter contre la maladie, détruire les gastéropodes vecteurs de larves.

Il ne s'agit pas d'une destruction totale de tous les mollusques dans un biotope donné, mais de la réduction de leur population au-dessous d'un certain seuil



pour lequel le cycle évolutif du parasite ne peut plus se dérouler, compte tenu de la grande fragilité des premiers stades larvaires. Ceci impose une pression de lutte constante, d'où l'intérêt économique et pratique des méthodes biologiques, qui assurent leur propre renouvellement une fois qu'elles sont amorcées, puisqu'un nouvel équilibre se crée alors.

Les principes et les méthodes de la lutte contre les mollusques -- aquatiques ou amphibies -- hôtes intermédiaires des Trématodes parasites de l'homme et des animaux domestiques ont été exposés dans le détail (54) (56) (57), aussi n'y reviendrons-nous pas. Rappelons-en brièvement les grandes lignes, en insistant de nouveau sur leurs avantages et inconvénients respectifs.

1) La lutte écologique a pour but de modifier les conditions (climatiques, biochimiques, alimentaires) de l'habitat des mollusques, de façon à ce que ceux-ci ne puissent plus y survivre, ni s'y reproduire, en particulier par la mise en oeuvre de tous les moyens propres à supprimer l'eau dans les habitats considérés : assèchement, comblement, drainage, pompage, par la lutte contre l'envasement, par la destruction de la végétation aquatique dans les canaux, etc., toutes mesures appliquées avec plus ou moins d'empirisme et dont le succès reste très aléatoire du fait que certains mollusques peuvent survivre plus de 200 jours hors de l'eau ! En fait, chaque biotope mérite une étude particulière (III).

2) La destruction active des mollusques : De nombreux mollusques ont un cycle saisonnier, qui suit la saison des pluies, ou la mise en eau des collections d'eau ; certains mollusques ne pullulent qu'à certains mois de l'année (13). Aussi est-il, là encore, indispensable de bien connaître le cycle particulier de chaque mollusque. Cette destruction peut être obtenue par des moyens :

a) chimiques : de nombreuses substances sont molluscicides. Nous renvoyons à la thèse de BREGEAT D. (20) et aux ouvrages de EUZEBY J. (57), pour leur étude. Disons simplement qu'il est bien difficile de traiter, surtout en pays tropical, tous les points d'eau, étangs, rivières, etc. avec ces produits, pour mesurer la difficulté de leur mise en oeuvre. Là encore, ces moyens ne peuvent être que ponctuels.

b) physiques : l'action de certains agents physiques, tels que les ultrasons et les radiations ultraviolettes s'est révélée intéressante au laboratoire. De même, certaines amines tertiaires ont un effet molluscicide liées à leurs propriétés tensio-actives.



c) biologiques : la destruction biologique consiste à favoriser l'action des êtres vivants qui se nourrissent naturellement de mollusques ou qui les parasitent. On peut stimuler la multiplication d'espèces autochtones ou introduire des espèces nouvelles. On cherche à réaliser dans le milieu un nouvel équilibre biologique où les gastéropodes dulçaquicoles sont absents ou représentés par un nombre restreint d'individus.

La liste des agents ayant une action potentielle dans ce cadre est déjà longue. Elle a été dressée à plusieurs reprises par BERG (12), EUZEBY (54), FERGUSON (62), MICHELSON (102), WRIGHT (115). Disons simplement pour l'instant qu'elle comprend des algues, des champignons, des protozoaires, des bactéries, des annélides, des arthropodes, des amphibiens, des poissons, des oiseaux, des larves de certains Trématodes mollusques prédateurs entrant en compétition avec les mollusques vecteurs, et même l'action des mollusques sur eux-mêmes : certains mollusques pourraient produire des phéromones spécifiques, inhibitrices de leur propre croissance ou influant sur leur taux de natalité (94 (111)).

D) Prévention de l'absorption des cercaires ou de la pénétration des formes infestantes : métacercaires. Cette prévention repose sur l'observation de règles d'hygiène concernant l'alimentation, l'abreuvement et le mode de vie des individus. Mais elle se heurte à des coutumes alimentaires ou à des routines de travail souvent très difficiles à modifier.

E) Tarissement des sources de parasites, par le traitement anthelminthique des individus infestés. Là encore, ce tarissement est très difficile en l'absence de médicaments capables d'exercer sur les Trématodes et leurs oeufs une efficacité absolue et radicale. Outre les synergies parasitaires, les conditions climatiques des pays tropicaux font que les infestations sont pratiquement continues, ce qui complique sérieusement la prophylaxie à mettre en oeuvre (80).

La lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires reste donc l'une des mesures les plus efficaces de prévention des Trématodoses, et les modalités de cette lutte sont donc directement fonction de l'écologie et de la biologie de ces mollusques. C'est dans un tel cadre que nous avons étudié avec le Dr GRABER et le Pr EUZEBY (laboratoire de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon) divers facteurs de lutte biologique contre les mollusques. Ces recherches ont tenté de préciser les résultats signalés depuis quelques décennies par de nombreux auteurs



et ont porté en particulier sur les points suivants :

- l'étude de la toxicité d'algues et d'extraits d'algues.
- le pouvoir pathogène de diverses bactéries.
- l'action prédatrice de divers poissons et crustacés malacophages.
- l'action compétitrice de divers mollusques entre eux.



## DEUXIEME PARTIE : LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES MOLLUSQUES

### I - AGENTS LETAUX DIRECTS VIS-A-VIS DES MOLLUSQUES HOTES INTERMEDIAIRES

#### A. AGENTS TOXIQUES : ALGUES ET EXTRAITS D'ALGUES

##### 1) Historique

Il est reconnu depuis une centaine d'années que les algues bleues ou vertes, unicellulaires ou filamenteuses, de la classe des cyanophycées ou de la classe des chlorophycées, peuvent provoquer des troubles, pouvant aller jusqu'à la mort, chez des mammifères, oiseaux aquatiques et poissons, ainsi que des allergies, dermatites ou troubles gastro-intestinaux chez l'homme.

Le premier cas fut en effet décrit en 1878 par G. FRANCIS en Australie (63). Depuis, des cas de mort de bétail, de volailles ou de poissons, après ingestion d'eau lourdement contaminée par des cultures d'algues bleues-vertes, ont été rapportés en de nombreux endroits du globe (U.S.A., Canada, U.R.S.S., Israël, Afrique du Sud) (81) (88) (89) (106).

Les principales espèces d'algues reconnues responsables d'intoxications furent alors identifiées. Il s'agissait de (38) (71) :

- Classe des Cyanophycées, ordre des Chroococcales : Microcystis aeruginosa, Microcystis toxica ; ordre des Hormogonales : Aphanizomenon flos-aquae, Anaboena flos-aquae, Anaboena lemmermanni, Gloeotrichia echinulata.
- Classe des Chrysophycées, ordre des Chrysomonadales : Prymnesium parvum.

Le but des études au laboratoire (71) (72) de ces algues était triple :

- 1) Isoler et cultiver l'algue.
- 2) Prouver qu'elle est bien responsable des empoisonnements, les algues étant souvent associées à d'autres micro-organismes en particulier des bactéries.
- 3) Déterminer combien de "toxines" étaient en cause et essayer de les identifier.



a) L'une des espèces d'algues bleues-vertes les plus suspectées de toxicité fut Microcystis aeruginosa. M. aeruginosa semble libérer deux facteurs toxiques distincts : un de ces facteurs provoque une mort rapide, en une ou deux heures, précédée de pâleur, convulsions et prostration. C'est une endotoxine d'origine algale qui est libérée par incubation, congélation ou désintégration aux ultrasons. Les Canadiens l'ont appelé le "Fast-Death-Factor" ou F.D.F. (Facteur de Mort Rapide). L'autre facteur est responsable (à forts dosages) d'une mort lente, en quatre à quarante-huit heures, précédée de pilo-érection, dyspnée ou léthargie. Il semble être d'origine bactérienne. Ce facteur de mort lente, "Slow-Death-Factor" ou S.D.F. n'est décelé que lorsque le F.D.F. ne masque pas sa présence.

On rechercha les effets des conditions de culture sur la production de F.D.F. par M. aeruginosa : l'une des observations les plus remarquables fut que la production la plus intéressante de l'algue se situe entre 28 et 32°5, mais la production maximale de F.D.F. se situe à 25°. A 32°5, peu ou pas de F.D.F. n'est produit.

b) Toxicité d'autres algues que Microcystis aeruginosa : Sur la base de l'expérience et des résultats obtenus avec M. aeruginosa, les Canadiens ont isolé , cultivé et testé la toxicité de 43 espèces, représentant 7 genres d'algues bleues et 2 genres d'algues vertes. Le F.D.F. ne fut décelé que dans les cultures de Microcystis (les cellules étaient détruites et lyophilisées pour s'assurer de la libération de tout le F.D.F.). Nous résumons les résultats dans le tableau suivant :



TOXICITE D'ALGUES CYANOPHYCEES (*Souris blanche*)

| ALGUE                 | Nombre de cultures éprouvées | Cultures déterminant |            |             |
|-----------------------|------------------------------|----------------------|------------|-------------|
|                       |                              | Mort rapide          | Mort lente | Pas de Mort |
| <u>Anaboena</u>       | 3                            | —                    | —          | 3           |
| <u>Aphanizomenon</u>  | 1                            | —                    | 1          | —           |
| <u>Coelosphaerium</u> | 1                            | —                    | 1          | —           |
| <u>Gloeotrichia</u>   | 1                            | —                    | —          | 1           |
| <u>Microcystis</u>    | 19                           | 8                    | 6          | 5           |
| <u>Anacystis</u>      | 11                           | —                    | 6          | 5           |
| <u>Nodularia</u>      | 1                            | —                    | —          | 1           |
| <u>Scenedesmus</u>    | 1                            | —                    | —          | 1           |
| <u>Chlorella</u>      | 5                            | —                    | 2          | 3           |

c) Origine du F.D.F. (15) : Il fut finalement possible d'obtenir une culture non contaminée de M. aeruginosa, afin d'essayer d'établir clairement l'origine du F.D.F. Des traitements aux rayons ultra-violets et avec de nombreux agents antiseptiques, antibiotiques et bactériostatiques permirent, utilisés seuls, associés ou de façon successive, de réduire le nombre de bactéries contaminantes. La conclusion est que l'origine du F.D.F. est dans les cellules d'algues. Elle est basée sur les évidences suivantes :

- une culture presque complètement lysée fut séparée par centrifugation différentielle en une fraction riche en algues qui contenait du F.D.F., et une fraction riche en bactéries qui ne contenait que du S.D.F.
- une expérience semblable avec 40 litres de culture poussant activement donna des résultats semblables.
- Cinq sur six des bactéries reconnues contaminantes furent isolées et cultivées en quantité suffisante pour être éprouvée de la même façon que les algues et aucune ne produisit de F.D.F.
- une souche non toxique de M. aeruginosa fut délibérément contaminée avec les six bactéries contaminantes (de Microcystis aeruginosa N.R.C. I, souche toxique des Canadiens), mais ceci ne réussit pas à induire la production de F.D.F. Finalement, seules certaines lignées ("génétiques") de M. aeruginosa produisent le F.D.F. La croissance de clones non-toxiques peut être une explication possible des observations mentionnées.



La toxicité variable des algues dépend de la concentration de l'extrait toxique plus que de l'espèce de l'algue en cause, et cette concentration est fonction de facteurs d'environnement tels que lumière ou température. Ces facteurs dirigent non seulement la libération, mais aussi la production de toxine. Enfin, les toxicités variables s'expliquent aussi par le fait que les toxines peuvent être absorbées en trop faible quantité, par les animaux, ou même "détoxifiées" par eux.

2. Etudes entreprises au laboratoire de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon (avec la collaboration de Mlle MICHEL, de la Faculté des Sciences, laboratoire de Biologie Animale et d'Ecologie. Université Claude Bernard - Villeurbanne).

En 1949, (17) (18) (19), des sondages effectués dans le Lac du Bourget (Savoie) ramènent en surface une algue Cyanophycée, Microcystis (Aphanocapsa) farlowiana, Drouet et Daily, algue d'origine américaine (53) dont la présence en France n'avait, jusqu'alors, jamais été signalée.

Elle se présente sous la forme de colonies plus ou moins sphériques, d'aspect gélatineux, d'un vert intense, d'environ 1 cm de diamètre, désignées vulgairement sous le nom de "boules". Ces colonies sont constituées de cellules arrondies à contenu homogène de 3,5 à 4  $\mu$ , réunies par une gelée hyaline incolore.

Observée d'abord au Sud du Lac du Bourget, cette algue a, depuis, envahi peu à peu d'autres biotopes, notamment la rive orientale et les quantités recueillies dans les stations qu'elle occupe représentent la moitié du volume d'une récolte de Benthos effectuée à la benne Leger (101).

Des prélèvements faits dans trois stations de la rive Est ont montré que la présence de Microcystis farlowiana semblait limiter — voire même empêcher — le développement de certains éléments de la faune benthique, et que ce phénomène pouvait avoir pour origine la libération dans le milieu de diverses substances toxiques.

En ce qui concerne Microcystis farlowiana, quelques essais effectués au Laboratoire (101) sur des poissons, des Anodontes et des Chironomides ont prouvé que des substances toxiques étaient libérées dans le milieu après la mort des cellules. Chez les algues vivantes, la diffusion à travers les parois cellulaires se fait également, mais à un degré bien moindre, car elle est gênée par la "gelée" qui entoure les cellules constituant la colonie.



d) Origines du S.D.F. : Quatre des six bactéries contaminantes de M. aeruginosa sont responsables de morts lentes quand elles sont injectées par voie intra-péritonéale à des souris à la dose de 600 à 640 mg/kg. Une bactérie Gram-négatif isolée de Microcystis et une bactérie Gram-positif isolée de Anacystis, produisent une mort lente quand elles sont inoculées par voie intra-péritonéale à des souris à dose faible (20 mg/kg). Ces deux organismes produisent diverses toxines.

e) Nature du F.D.F. (15) (71) : Le toxique, sous la forme de son sel iodé, fut extrait de cellules d'algues lyophylisées, par l'eau, séparé des pigments par extraction dans le butanol et libéré par des impuretés de haut poids moléculaire par dialyse. Aucune séparation d'un composé toxique simple ne put être obtenue par chromatographie ou électrophorèse sur tampon au carbonate, à l'acétate ou au phosphate. L'électrophorèse de la "toxine" à l'état brut donna cinq peptides dont l'un fut toxique et expliquait à 100 % la toxicité de la toxine brute. Il s'agit d'un polypeptide cyclique de P.M. 1 300 ou 2 600, qui contient 7 acides aminés dans les proportions moléculaires suivantes : 1 L - Aspartine, 2 L - Acide Glutamique, 1 D - Serine, 1 L - Valine, 1 L - Ornithine, 2 L - Alanine, 2 L - Leucine.

L'activité biologique de la molécule peut être la conséquence de l'un, ou des trois facteurs suivants, à la fois :

- être cyclique,
- avoir un acide aminé sous forme D,
- ou contenir de l'ornithine.

La DL-50 par voie intra-péritonéale du F.D.F. purifié, pour les souris blanches, est de 0,466  $\pm$  0,013 mg/kg.

Cette toxine purifiée ne semble pas avoir d'activité antibiotique. Ce F.D.F. s'est révélé toxique au laboratoire pour la souris, le lapin, le cobaye, le poulet, le mouton, et le veau. Ces animaux survivent de 9 à 18 heures. On n'observait pas toujours des convulsions, mais les résultats des autopsies étaient constants : foie hyperhémie, congestion, hémorragies, confirmant ce que d'autres auteurs avaient rapporté en Afrique du Sud et en Israël. Cependant, les canards domestiques se sont montrés résistants au F.D.F. de M. aeruginosa. Par la suite, on isola une autre "toxine" de Anaboena flos-aquae, qui semble être un polypeptide de P.M. plus faible (72). Cette toxine tue les canards en 1 à 2 heures.



Dans ces conditions, il était intéressant d'étudier l'action de cette algue sur quelques mollusques vecteurs de Trématodoses humaines et animales. Les essais préliminaires ont porté sur des Limnées, Limnea auricularia et Limnea truncatula, hôtes intermédiaires de Fasciola gigantica et de Fasciola hepatica (67).

En soumettant les algues fraîches à différents traitements mécaniques (Broyat et Ultrasons), mécaniques et thermiques (Broyat congelé, puis décongelé ; Broyat chauffé selon diverses modalités), on libère une toxine thermostable, soluble dans l'eau, peu ou pas volatile qui, selon la concentration en algues du milieu, est capable de détruire en 2 ou 4 jours la totalité des populations de Limnées mises en contact.

Devant ces résultats encourageants, il a été décidé d'étudier l'action molluscicide de Microcystis farlowiana sur Biomphalaria glabrata, Biomphalaria pfeifferi et Limnea natalensis.

Les algues utilisées, fraîches ou desséchées, provenaient du Lac du Bourget. Elles nous ont été fournies par Mademoiselle S. MICHEL que nous tenons à remercier vivement.

Dans tous les cas, il s'agissait d'algues reconnues toxiques pour des poissons de la famille de Cyprinidés (gardons et goujons). Les essais ont porté :

- sur des algues fraîches chauffées,
- sur des algues desséchées et déshydratées,
- sur la toxine extraite de ces algues selon diverses méthodes.

## 2.1. ALGUES FRAICHES CHAUFFEES

2.1.1. Dans une première série d'expériences, on utilise des cristallisoirs renfermant 8 litres d'eau du robinet neutralisée à la Contra-Chlorine dans laquelle on immerge 400 grammes d'algues fraîches présentant leur coloration habituelle.

Ces bacs sont chauffés à l'aide d'une résistance électrique :

- Dans la journée et durant une semaine, à des températures comprises entre 27 et 35°C (Essai n° 1).
- Dans la journée et durant 6 jours, à des températures variant entre 25 et 55°C (Essai n° 2).



On dépose alors dans chaque bac 100 Biomphalaria glabrata de toute taille (5 à 25 mm). De la laitue fraîche est distribuée en abondance et une pompe "Belbul" assure l'oxygénation du milieu. La température de l'eau est maintenue constamment entre 20 et 22°C.

L'expérience dure trois semaines et, pendant cette période, les Biomphalaria sont comptés tous les jours et les mollusques morts retirés.

Deux bacs témoins sans algues accompagnent les essais : ils permettent de suivre le comportement de 100 mollusques entretenus dans les mêmes conditions de température, d'oxygénation et d'alimentation.

En outre, on ajoute un bac supplémentaire contenant 8 litres d'eau, 400 grammes d'algues fraîches non chauffées et 100 Biomphalaria.

Les résultats figurent au Tableau suivant :

|                              | Algues chauffées in situ |         |            |         | Algues non chauffées |
|------------------------------|--------------------------|---------|------------|---------|----------------------|
|                              | ESSAI n° 1               |         | ESSAI n° 2 |         |                      |
|                              | Expérience               | Témoins | Expérience | Témoins |                      |
| Nombre de cristallisoirs     | 2                        | 1       | 1          | 1       | 1                    |
| Nombre de Mollusques         | 200                      | 100     | 100        | 100     | 100                  |
| Nombre de Mollusques morts   | 8                        | 1       | 3          | 17      | 8                    |
| Pourcentage de mortalité (%) | 4                        | 1       | 3          | 17      | 8                    |
| Nombre total de pontes       | 187                      | 110     | 289        | 335     | 37                   |

Conclusion : Aucune action molluscicide n'est constatée, et il ne semble pas y avoir d'action sur la reproduction.

2.1.2. Dans une seconde série d'expériences, on utilise trois cristallisoirs renfermant 8 litres d'eau dans laquelle on plonge 215 grammes (Essais n° 3 et 4) ou 300 grammes d'algues (Essai n° 5).

Ces algues fraîches ont été préalablement passées à l'étuve telles quelles, c'est-à-dire avec toute leur eau, pendant 4 jours à des températures comprises entre 24 et 26°C.



100 Biomphalaria de toute taille (5 à 22 mm) sont alors placés dans chaque cristallisateur et entretenus dans les mêmes conditions que précédemment.

La durée de l'expérience est de 10 jours.

Les trois bacs d'expérience sont accompagnés de trois bacs témoins renfermant chacun 100 Biomphalaria.

Sur les 300 Biomphalaria mis en présence d'algues chauffées 4 jours à 24-26 °C, dix d'entre eux sont morts au bout de 10 jours, soit 3 %. Les pontes (908 au total) continuent à éclore : il n'y a donc pas d'action sur la reproduction. Chez les témoins, sur le même laps de temps, la mortalité est de 9 %. On dénombre 279 pontes.

Les mollusques survivants des essais 3, 4 et 5 sont lavés et mis en observation dans des bacs remplis d'eau claire. La mortalité continue : elle est de 34 individus en trois semaines.

En 31 jours, la mortalité totale est de  $10 + 34 = 44$  mollusques, soit 14,6 %.

2.1.3. Devant ces résultats peu encourageants, nous avons modifié la méthode : on diminue la quantité d'eau (deux litres) et on utilise uniformément 320 grammes d'algues fraîches (°).

Celles-ci sont déposées sur un tamis durant toute la nuit, de manière à éliminer la plus grande partie de l'eau qu'elles renferment. Puis, elles sont passées à l'étuve à 25-26 °C pendant 4 jours, et, immédiatement après, mises au bain-marie à 85 °C. Durant 48 heures, elles demeurent à cette température de 10 heures du matin à 19 heures, c'est-à-dire pendant 9 heures de suite. Les algues prennent alors une coloration brune caractéristique. On ajoute 2 litres d'eau neutralisée. On mélange soigneusement. On laisse reposer et on filtre pour éliminer l'argile et le sable.

Le mélange eau-algues est versé dans un bocal cylindrique de petite taille dans lequel on introduit 30 Biomphalaria glabrata : 10 de plus de 20 mm, 10 de 10 à

---

(°) Selon les indications de Mademoiselle MICHEL.



20 mm et 10 de moins de 10 mm. Comme lors des essais précédents, la température est maintenue entre 21 et 23 °C, l'oxygénation est assurée par une pompe "Belbul" et de la salade crue est distribuée à satiété.

Quatre jours après le début de l'expérience, 19 Biomphalaria sont morts : 7 gros, 9 moyens et 3 petits. Au bout d'une semaine, il ne reste qu'un seul individu vivant de grande taille.

Chez les témoins, la mortalité est nulle.

2.1.4. Par comparaison, il était intéressant de savoir ce que deviennent les mollusques déposés dans des bacs renfermant des algues fraîches laissées à la température du Laboratoire durant quelques mois.

Les Limnées aquatiques africaines, Limnea natalensis y sont très sensibles. Ainsi, 320 grammes d'algues fraîches dans 2 litres d'eau ont été entreposées pendant deux mois à la température du Laboratoire. Passé ce temps, on filtre le "mélange" sur un tamis et, dans l'eau ainsi recueillie (environ 1,5 litre), on introduit 10 Limnées adultes. Au bout de 11 jours, il ne reste plus aucun mollusque vivant. Cette sensibilité particulière de Limnea natalensis à l'égard de la toxine de Microcystis farlowiana a été mise à profit au cours des essais suivants (voir infra).

Il en va différemment de Biomphalaria glabrata. Au cours d'études entreprises en 1975 pour suivre la croissance de Microcystis farlowiana à la température du Laboratoire (24-27 °C) pendant les mois d'été (1,5 kg d'algues dans 8 litres d'eau, soit 370 g pour 2 litres), une contamination accidentelle a eu lieu à partir d'un bac voisin où était élevée une petite colonie de Biomphalaria glabrata. Les quelques individus adultes qui s'étaient introduits dans le bac renfermant les algues, bien qu'invisibles au milieu de la masse végétale, ont eu le temps, avant de mourir, de se multiplier et, à l'automne, de nombreux jeunes ont envahi le cristalliseur, sans être apparemment incommodés par la toxine présente dans le milieu.

2.1.5. Il apparaît donc :



2.1.5.1. Que le chauffage des algues fraîches "in situ", au moyen d'une résistance électrique, pendant au moins une semaine, à des températures pouvant atteindre durant quelques heures 50 °C, ne provoque, chez les Biomphalaria qu'une mortalité réduite, parfois inférieure à celle des mollusques témoins. Les possibilités de reproduction des mollusques demeurent intactes.

2.1.5.2. Le passage à l'étuve à 24-26 °C pendant 4 jours, d'algues non égouttées ne donne pas de meilleurs résultats et, par rapport aux témoins, ils ne sont pas significatifs.

2.1.5.3. Les algues laissées quelques mois à la température du Laboratoire libèrent dans l'eau une quantité de toxine suffisante pour détruire la totalité des Limnées (Limnea natalensis) mises en contact, mais pas les Biomphalaria glabrata qui se reproduisent normalement et donnent naissance à une nouvelle génération.

2.1.5.4. Des algues fraîches égouttées, conservées à l'étuve 4 jours à 24-26 °C, puis 48 heures dans un bain-marie à 85 °C à raison de 9 heures chaque jour (de 10 à 19 heures) tuent en une semaine la quasi totalité des Biomphalaria. Les algues ainsi traitées prennent une coloration brune qui signe la destruction des cellules et la diffusion de la toxine dans le milieu, coloration que, dans les expériences précédentes, on n'observe pas ou à un degré très faible sur un petit nombre de colonies.

La concentration (exprimée en poids d'algues fraîches) en algues du milieu a également une grande importance. Les concentrations de 25 à 50 g/l sont insuffisantes. Il faut au moins 180 g/l pour obtenir un résultat satisfaisant. L'utilisation des algues fraîches dans la lutte biologique contre Biomphalaria glabrata pose un problème, car il est nécessaire, dans un milieu donné, de disposer d'une quantité importante d'algues qui devront subir divers traitements thermiques ou mécaniques, l'élévation de la température de l'eau au cours de l'été (ou de la saison chaude) ne permettant pas de libérer suffisamment de toxine.

Nous avons cherché à pallier cette difficulté en utilisant des algues déshydratées et séchées.



## 2.2. ALGUES SECHEES ET DESHYDRATEES

Compte tenu des observations faites au Laboratoire et des résultats obtenus avec des extraits de différents types (voir infra), il a été décidé d'utiliser les quantités suivantes : 10 grammes d'algues déshydratées pour 2 litres d'eau.

2.2.1. Méthode : Dans un bac cylindrique, on verse 2 litres d'eau du robinet préalablement neutralisée à la Contra-Chlorine. On ajoute deux grammes d'algues déshydratées. On chauffe à l'aide d'une résistance électrique jusqu'à ce que le milieu prenne une coloration bleue. On laisse refroidir l'eau.

Dans chaque bac, on dispose alors 30 mollusques de toute taille : pour les Biomphalaria, 10 gros, de plus de 20 mm, 10 moyens, de 10 à 20 mm et 10 petits, de moins de 10 mm. On laisse en contact les mollusques durant une semaine.

Ils sont alors retirés, lavés et mis dans un cristalliseur renfermant de l'eau claire. Ils sont suivis pendant un mois et les morts régulièrement retirés. Chaque bac d'expérience est accompagné d'un bac témoin renfermant le même nombre de mollusques entretenus dans les mêmes conditions : oxygénation par pompe "Belbul" ; température maintenue entre 20 et 21 °C ; nourriture à base de laitue crue.

Les essais ont porté sur Biomphalaria glabrata, Biomphalaria pfeifferi et Limnaea natalensis.

### 2.2.2. Résultats :

2.2.2.1. La première série d'essais a été réalisée au cours de l'hiver 1975-1976.

Les résultats figurent au tableau suivant :



*ACTION DES ALGUES DESHYDRATEES (10 grammes pour 2 litres d'eau) SUR  
DIVERS MOLLUSQUES VECTEURS (novembre-décembre 1975)*

| Espèces                       | Mollusques<br>utilisés | Mortalité au bout<br>d'une semaine | Mortalité au<br>bout d'un mois        | Survivants                                   |
|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|
| <u>Biomphalaria glabrata</u>  |                        |                                    |                                       |                                              |
| - Expérience                  | 30                     | 0                                  | 23 (76 p.100)                         | 4 gros<br>3 petits<br>8 pontes               |
| - Témoins                     | 30                     | 0                                  | 3 (10 p.100)                          | 10 gros<br>9 moyens<br>8 petits<br>27 pontes |
| <u>Biomphalaria pfeifferi</u> |                        |                                    |                                       |                                              |
| - Expérience                  | 30                     | 21 (70 p.100)                      | la totalité<br>au bout de<br>10 jours |                                              |
| - Témoins                     | 30                     | 2 gros<br>(6 p.100)                | 5 gros<br>(16 p.100)                  | 5 gros<br>10 moyens<br>10 petits             |
| <u>Limnea natalensis</u>      |                        |                                    |                                       |                                              |
| - Expérience                  | 30                     | 28 (93 p.100)                      | 29 (96 p.100)                         | 1 petite                                     |
| - Témoins                     | 10                     | 0                                  | 0                                     | 10 grosses<br>3 pontes                       |

La toxine libérée par les algues desséchées est capable de détruire rapidement les populations de Limnea natalensis (93 % au bout d'une semaine et 96 % au bout d'un mois) et de Biomphalaria pfeifferi (70 et 100 %).

Sur Biomphalaria glabrata, on n'obtient que 76 % de mortalité au bout d'un mois. Nous avons alors modifié le protocole. Pour deux litres d'eau, on double la quantité d'algues sèches, soit 20 grammes et on procède comme précédemment. Au bout d'une semaine sur les 30 Biomphalaria glabrata utilisés, la mortalité est de 3 de plus de 20 mm, 7 de 10 à 20 mm et 10 de moins de 10 mm = 20, soit 66 % et, au bout d'un mois, après remise en eau pure, il ne reste plus que trois Biomphalaria de plus de 20 mm vivants.

La mortalité totale est donc de 90 %. Chez les témoins, elle n'est que de 10 %.



2.2.2.2. Nous avons repris cette expérience dans les mêmes conditions à la mi-mai 1976, à partir du même lot d'algues sèches conservées à la température du laboratoire depuis six mois.

Les résultats figurent au tableau suivant :

*ACTION DES ALGUES DESHYDRATEES (10 grammes pour 2 litres d'eau) SUR DIVERS MOLLUSQUES VECTEURS*

| Espèces                      | Nombre de Mollusques utilisés              | Mortalité au bout d'une semaine | Mortalité au bout d'un mois | Survivants                                                                  |
|------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <u>Biomphalaria glabrata</u> |                                            |                                 |                             | 10 gros (>20mm)<br>10 moyens (10 à 20mm)<br>10 petits (<10mm)<br>137 pontes |
| - Expérience                 | 30                                         | 0                               | 0                           |                                                                             |
| - Témoins                    | 30                                         | 0                               | 1 (3%)                      | 10 gros<br>9 moyens<br>10 petits<br>290 pontes                              |
| <u>Limnea natalensis</u>     |                                            |                                 |                             |                                                                             |
| - Expérience                 | (25 gros<br>50 } 25 moyens<br>et<br>petits | 36 (72%)                        |                             | 4 gros<br>10 moyens et petits                                               |

Comme dans le cas précédent, nous avons, pour Biomphalaria glabrata, doublé la quantité d'algues sèches, soit 20 grammes pour deux litres d'eau.

Au bout d'une semaine, sur les 30 mollusques mis en expérience, survivent : 10 individus de plus de 20 mm, 6 de 10 à 20 mm et 4 de moins de 10 mm.

Après remise en eau ordinaire, on ne note aucun changement. Un mois après le début de l'expérience, la mortalité est donc de 30 %. 190 pontes ont été dénombrées.

Chez les témoins, au bout d'un mois, la mortalité est de 3 %.

Sur une période de six mois, on observe une baisse de la toxicité des algues conservées à la température du laboratoire : 20 % environ à l'égard de Limnea



natalensis : 60 à 75 %, à l'égard de Biomphalaria glabrata, selon la quantité d'algues utilisées.

Les algues déshydratées subissent donc un vieillissement rapide qui, au fur et à mesure que le temps passe, les rend de moins en moins toxiques. C'est là un handicap dans la lutte biologique contre les mollusques vecteurs.

### 2.3. EXTRAITS D'ALGUES

Aussi, devant les difficultés rencontrées tant dans l'utilisation des algues fraîches que dans celle des algues séchées et déshydratées, avons-nous cherché à obtenir par extraction le maximum de toxine à un moment où les signes sont capables de la fournir en abondance.

Cette opération a été effectuée au Laboratoire de la Chaire de Botanique appliquée, Agronomie et Alimentation de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon (°), à partir d'algues desséchées reconnues toxiques pour certains poissons Cyprinidés.

2.3.1. Dans un premier temps, nous avons utilisé deux extraits : un extrait carbonaté et un extrait butanolique, préparés de la façon suivante :

- 100 grammes d'algues sèches broyées sont immergés dans 250 ml de 0,1 N de carbonate de sodium ( $28,6 \text{ g/l} \times 2 = 57,2 \text{ g}$ ).
- On agite 10 mn. Puis, on rajoute 650 ml de 0,1 N carbonate de sodium. Agiter 10 mn.
- On centrifuge à la vitesse maximale durant 30 mn.
- Le surnageant est mis de côté : c'est l'extrait carbonaté.
- Le culot est repris par 600 ml de 0,1 N carbonate de sodium, puis on le centrifuge.
- On répète trois fois la même opération avec chaque fois 600 ml de bicarbonate de sodium à 0,02 N ( $1,68 \text{ g/l}$ ).
- Le pH est vérifié : il doit se situer entre 7,5 et 10. Le cas échéant, il est ramené à une valeur correcte.
- On concentre l'ensemble des extraits à l'évaporateur rotatif à 40 °C au 1/10 du volume initial.

---

(°) Monsieur le Professeur JEAN-BLAIN, que nous tenons à remercier vivement.



- On extrait ensuite avec trois fois 200 ml de Butanol n (alcool butylique primaire).
- On évapore à sec l'extrait butanolique.
- On le reprend dans 40 ml d'eau : c'est l'extrait butanolique.

A 100 grammes d'algues sèches, correspondent aussi 5 gouttes d'extrait alcoolique et 7 gouttes d'extrait carbonaté.

Des extraits de chaque type ont été versés au compte-gouttes dans des récipients renfermant deux litres d'eau neutralisée. Dans chacun d'entre eux, on déposa 20 Biomphalaria de 8 à 18 mm entretenus dans les mêmes conditions que lors des essais précédents.

Les mollusques sont suivis attentivement durant une semaine. Passé ce temps, les bacs sont vidés et les mollusques remis en eau claire. Les individus morts sont retirés et comptés.

Un seul bac témoin renfermant 20 Biomphalaria glabrata accompagne toute cette série d'essais.

Les résultats sont les suivants :

| A) EXTRAIT BUTANOLIQUE            |     |     |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| Concentration en extrait (mg/l)   | 100 | 250 | 500   | 880   | 1 000 |       |
| Mortalité des mollusques (sur 20) | 2   | 1   | 4     | 17    | 0     |       |
| B) EXTRAIT CARBONATE              |     |     |       |       |       |       |
| Concentration en extrait (mg/l)   | 250 | 500 | 1 000 | 1 500 | 2 000 | 3 500 |
| Mortalité des mollusques (sur 20) | 6   | 3   | 1     | 1     | 1     | 0     |
| C) TEMOINS ; Pas de mortalité     |     |     |       |       |       |       |

Conclusion : les résultats obtenus sont irréguliers et non significatifs.

A cela, deux explications :

- Les quantités d'extraits utilisés ramenés en mg d'algues desséchées par litre sont nettement insuffisantes puisque l'expérience précédente (voir supra) montre qu'il faut au moins 5 grammes d'algues déshydratées par litre pour tuer Bimphalaria pfeifferi et Limnea natalensis et 10 grammes par litre pour Biomphalaria glabrata.



- Le procédé d'extraction est peut-être imparfait et ne permet pas de récupérer intégralement la toxine contenue dans les algues.

2.3.2. Dans une seconde série d'essais, nous avons cherché à vérifier cette hypothèse. On procède ainsi :

- Extraction de 20 grammes d'algues déshydratées par trois fois 100 ml d'ethanol, une heure chaque fois.
- Evaporation sous vide.
- L'extrait alcoolique est repris :
  - soit dans 100 ml d'eau = extrait alcoolique n° 1
  - soit dans 200 ml d'eau = extrait alcoolique n° 2.

Pour ce faire, on laisse macérer une heure au moins au réfrigérateur.

- Les résidus provenant de l'extraction sont, après élimination de l'alcool, deséchés par évaporation sous azote,

Les extraits alcooliques 1 et 2 qui correspondent à 20 grammes d'algues séchées et déshydratées sont versés dans un récipient cylindrique renfermant 2 litres d'eau neutralisée à la Contra-Chlorine. On chauffe légèrement à 30 °C, puis on laisse refroidir.

On introduit alors dans chaque récipient 100 Biomphalaria glabrata de toute taille, les conditions d'alimentation, d'oxygénation et d'aération étant les mêmes que lors des essais précédents.

Au bout d'une semaine, les mollusques sont retirés et placés dans de l'eau claire. Les individus morts sont comptés et éliminés.

La survie des mollusques est suivie durant trois semaines. La durée totale de l'expérience est d'un mois.

On procède de la même façon avec les résidus des extraits alcooliques n° 1 et 2.

A chaque bac d'expérience, est joint un bac témoin renfermant 100 Biomphalaria entretenus dans les mêmes conditions.

Compte tenu de la grande sensibilité de Limnea natalensis à l'égard de la toxine de Microcystis farlowiana (voir supra), il a paru utile de compléter cette expérience en ajoutant trois bacs contenant respectivement :



- de l'extrait alcoolique n° 1 repris dans 100 ml d'eau + 2 litres d'eau + 30 Limnea natalensis (15 grosses et 15 petites), ainsi que le résidu de l'extrait alcoolique n° 1 + 2 litres d'eau + 30 Limnées (15 grosses et 15 petites).
- de l'extrait alcoolique n° 2 repris dans 200 ml d'eau + 2 litres d'eau + 50 Limnées (25 grosses de 15-20 mm et 15 petites de moins de 8 mm).

Les Limnées sont laissées une semaine dans l'eau renfermant la toxine, puis elles sont lavées et stockées dans un récipient rempli d'eau claire. Leur comportement — tout au moins dans le second essai (extrait alcoolique n° 2) — est suivi pendant un mois environ.

Les résultats figurent au tableau suivant (p. 36).

Avec l'extrait alcoolique n° 1 ou avec son résidu, le pourcentage de mortalité, au bout d'un mois, n'est guère supérieur à celui des mollusques témoins. Chez les Limnées, au bout d'une semaine, il est faible, bien inférieur à celui observé après contact avec des algues fraîches maintenues pendant quelques mois à la température du Laboratoire (voir supra).

Avec l'extrait n° 2, les résultats sont meilleurs, surtout avec le résidu de l'extrait alcoolique, mais le taux de mortalité dépasse de peu 50 %, ce qui est insuffisant en matière de lutte contre les mollusques vecteurs. Au bout d'un mois, 50 % à peine des Limnées sont détruites par la toxine de Microcystis farlowiana.

Apparemment, les méthodes d'extraction mises en oeuvre ne permettent pas d'obtenir suffisamment de toxine. Aussi, les résultats s'en ressentent-ils.

Le pourcentage de mortalité des Biomphalaria glabrata diminue : il représente, au mieux, la moitié de celui que l'on obtient avec des algues fraîches chauffées à 85 °C ou avec des algues séchées utilisées extemporanément.

#### 2.4. CONCLUSIONS

Les essais entrepris avec une algue Cyanophycée, Microcystis (Alphanocapsa) farlowiana, Drouet et Daily, en matière de lutte contre les mollusques vecteurs de Bilharziose, se sont révélés extrêmement décevants :



ACTION DES EXTRAITS ALCOOLIQUES ET DE LEURS RESIDUS SUR BIOMPHALARIA GLABRATA ET SUR LIMNEA NATALENSIS

| MOLLUSQUES                       | Extrait alcoolique n°1<br>(2) | Résidu de l'extrait<br>alcoolique n°1 | Extrait alcoolique n°2<br>(3) | Résidu de l'extrait alcoolique<br>n°2 |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| <u>Biomphalaria glabrata</u> (1) |                               |                                       |                               |                                       |
| Mortalité en une semaine         | 13 p. 100                     | 23 p. 100                             | 9 p. 100                      | 13 p. 100                             |
| Mortalité en un mois             | 35 p. 100                     | 36 p. 100                             | 28 p. 100                     | 54 p. 100                             |
| Nombre de pontes                 | 215                           | 186                                   | 198                           | 377                                   |
| -----                            |                               |                                       |                               |                                       |
| TEMOINS                          |                               |                                       |                               |                                       |
| Mortalité en une semaine         | 3 p. 100                      | 3 p. 100                              | 1 p. 100                      | 0 p. 100                              |
| Mortalité sur un mois            | 28 p. 100                     | 28 p. 100                             | 17 p. 100                     | 15 p. 100                             |
| Nombre de pontes                 | 359                           | 359                                   | 439                           | 400                                   |
| <u>Limnea natalensis</u> (4)     |                               |                                       |                               |                                       |
| Mortalité en une semaine         | 0 p. 100                      | 26 p. 100                             | 12 p. 100                     |                                       |
| Mortalité sur un mois            |                               |                                       | 48 p. 100                     |                                       |

(1) 100 mollusques dans chaque bac-témoin et dans chaque bac d'expérience.

(2) repris dans 100 ml d'eau.

(3) repris dans 200 ml d'eau.

(4) 30 à 50 Limnées.



- Les algues fraîches ne libèrent leur toxine qu'après un chauffage prolongé à plus de 50 °C qu'il est pratiquement impossible d'obtenir dans un milieu aquatique où les températures maximales et minimales ne varient que de quelques degrés en cours d'année.

- Les algues séchées et déshydratées perdent peu à peu leur pouvoir toxique et il est absolument nécessaire de les employer immédiatement après leur préparation. Contre Biomphalaria glabrata, il faut au moins 10 grammes par litre d'eau 5 grammes seulement par litre pour Biomphalaria pfeifferi et Limnea natalensis).

- Les extraits (carbonaté, butanolique ou alcoolique) préparés à partir d'algues séchées n'ont, à l'égard de Biomphalaria glabrata et de Limnea natalensis, qu'un pouvoir toxique représentant la moitié ou le tiers de celui des algues fraîches chauffées ou des algues séchées et déshydratées.

Microcystis farlowiana est donc d'un emploi difficile et ne peut être retenue dans la lutte contre les mollusques vecteurs de Trématodoses humaines et animales.

#### B. AGENTS INFECTIEUX : ACTION DE DIVERSES BACTERIES SUR BIOMPHALARIA GLABATRA

##### 1) Souche N.R.S. 1467

Il y a déjà une vingtaine d'années, Gruz et Dias (27) ont isolé de l'ovotestis de Biomphalaria glabrata une bactérie pathogène pour le gastéropode, bactérie qu'ils ont nommée Bacillus pinotii. De telles cultures de bacilles en eau peptonée à 1 % (43) (44), additionnées, au moment de l'introduction dans les aquarium renfermant les mollusques vecteurs, de 2,5 à 5 % de peptone, provoquent dans les bacs, dès le troisième jour, une mortalité importante entraînant huit mois plus tard l'extermination presque totale des populations de Biomphalaria glabrata. Les poissons sont épargnés.

Ces essais préliminaires ont été poursuivis avec succès en Egypte (45) (46) et au Venezuela (110).

La question a été reprise en 1961 pour TRIPP (112). La souche remise à l'intéressé par DIAS est semblable à la souche d'origine, c'est-à-dire qu'elle donne des spores ovalaires et qu'elle est anaérobie facultative. Elle ne libère, cependant, pas d'indole.



Reproduisant fidèlement le protocole de DIAS, l'auteur, dans les récipients de 250 ml contenant de la peptone à différentes dilutions, introduit des Biomphalaria glabrata. Il ajoute ensuite 1 ml d'une culture de Bacillus pinotii âgée de 48 heures ou 1 ml de peptone stérile. Aux dilutions de 1/100 et 1/1 600, que Bacillus pinotii soit présent ou non, les mollusques meurent tous en quelques jours. Avec des dilutions plus faibles, la mortalité est irrégulière.

Ces observations ne correspondent pas à celles de DIAS (43) (44) qui constate une mortalité plus élevée dans la peptone renfermant du Bacillus pinotii que dans la peptone seule. Dans une seconde expérience, TRIPP obtient des résultats comparables pour les dilutions de 1/ 1 000 à 1/5 000, avec ou sans Bacillus pinotii, les dilutions de 1/10 000 à 1/100 000 ne provoquant aucune mortalité.

Des injections de cultures de Bacillus pinotii dans le sinus céphalopédal du mollusque n'ont aucun effet ni sur la reproduction, ni sur la survie des Biomphalaria. Après l'injection, Bacillus pinotii disparaît rapidement du corps du mollusque (en moins d'une heure).

Il eût été intéressant de poursuivre les essais avec une autre souche de Bacillus pinotii. Malheureusement, c'était — à l'époque — la seule souche disponible et il ne semble pas à l'heure actuelle en exister d'autre. En effet, la souche considérée par le Docteur FILHO comme étant Bacillus pinotii et remise en 1955 à l'Institut de Microbiologie de l'Université Rutgers dans le New Jersey (°) présente des caractères différents et ne peut, de ce fait, être assimilée à la souche de Bacillus pinotii de CRUS et DIAS.

Cette souche connue sous le nom de souche N.R.S. 1467 serait également capable de détruire les mollusques vecteurs de Bilharziose et son action à l'égard de Biomphalaria glabrata méritait d'être expérimentée au Laboratoire.

## 1. MATERIEL ET METHODE

1.1. Matériel : Les Biomphalaria sont issus d'une souche ramenée de Guadeloupe en décembre 1972.

La souche N.R.S. 1467 a été, en octobre 1974, expédiée à Lyon dans des tubes lyophilisés. Elle a été conservée près d'un an à 4 °C. Avant de l'utiliser, nous avons vérifié, à l'automne 1975, qu'elle n'avait subi aucune modification :

---

(°) Nous remercions vivement ici Mme R.E. GORDON qui nous a donné ces renseignements et procuré la souche N.R.S. 1467.



| CARACTERES  | SOUCHE N.R.S. 1467 |                         | <u>Bacillus pinotii</u> |
|-------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
|             | Rutgers University | Lab. Parasitologie Lyon |                         |
| Spores      | rondes             | rondes                  | ovales                  |
| Gram        | +                  | +                       |                         |
| Mobilité    | (+)                | +                       |                         |
| Aérobiose   | stricte            | stricte                 | Anaérobiose             |
| Catalase    | +                  | (+)                     |                         |
| VP          | -                  | -                       |                         |
| Glucose     | -                  | -                       |                         |
| Arabinose   | -                  | -                       |                         |
| Xylose      | -                  | -                       |                         |
| Citrate     | -                  | -                       |                         |
| Nitrate     | -                  | -                       |                         |
| Indole      | -                  | -                       | +                       |
| Tryptophane | -                  | -                       |                         |

1.2. METHODE

1.2.1. Dans une première série d'essais, nous avons cultivé le germe (°) en bouillon T, bouillon peptoné dont la composition est la suivante :

- Trypticose : 17 grammes.
- Phytone : 3 grammes.
- CINA : 5 grammes.
- Phosphate dipotassique : 2,5 grammes.
- Glucose : 2,5 grammes.

30 grammes dans 1 000 ml d'eau distillée.

500 ml de bouillon sontensemencés avec la souche 1467. Après passage à l'étuve à 37 °C durant 24 heures, on calcule la richesse en germes par ml.

Les 500 ml sont alors versés dans des cristallisoirs contenant 4,5 à 6,5 litres d'eau du robinet préalablement neutralisée à la Contra-Chlorine.

(°) Cette partie de l'expérience a été réalisée au Laboratoire de Pathologie Générale, Microbiologie, Immunologie de l'E.N.V. de Lyon : Monsieur le Professeur OUDAR, Monsieur Y. RICHARD, Maître-Assistant et Madame E. SAMSON, technicienne.



On introduit alors dans chaque cristallisoir 60 à 100 Biomphalaria glabrata comprenant :

- Pour des populations de 60 individus, 20 exemplaires de plus de 20 mm, 20 exemplaires de 10 à 20 mm et 20 exemplaires de moins de 10 mm.

- Pour des populations de 100 individus, 20 exemplaires de plus de 20 mm, 60 exemplaires de 10 à 20 mm et 20 exemplaires de moins de 10 mm.

La température est maintenue entre 20 et 23 °C, l'aération est assurée par une pompe type "Belbul" et des feuilles de salade crue sont distribuées en abondance. Les mollusques morts sont soigneusement dénombrés et mesurés.

Chaque cristallisoir est accompagné d'un récipient de même contenance renfermant le même nombre de Biomphalaria entretenus en eau claire dans les mêmes conditions et durant le même laps de temps.

On ajoute, en outre, un bac supplémentaire renfermant 500 ml de Bouillon peptoné pur sans bacilles dans 4,5 litres d'eau et 60 mollusques de taille différente.

1.2.2. Dans une seconde série d'essais, nous avons procédé différemment. La souche N.R.S. 1467 est d'abord repiquée en Gélose T (24 heures à 37 °C). Puis, toujours sur le même milieu, on ensemence 10 boîtes de Pétri. Au bout de 24 heures, on récolte le bacille dans 500 ml d'eau physiologique.

On procède comme dans le cas précédent en mettant en contact, pendant un temps variable (de 5 à 20 jours), 100 Biomphalaria (20 de plus de 20 mm, 60 de 10 à 20 mm et 20 de moins de 10 mm) et 500 ml d'eau physiologique renfermant la culture diluée dans 4,5 litres d'eau neutralisée.

Passé ce délai, les bacs sont vidés. Les mollusques morts sont comptés et les survivants placés dans de l'eau claire à la température du laboratoire.

Un second décompte a lieu un mois après le début de l'expérience.

Chaque bac d'expérience est accompagné d'un bac témoin.

2) Résultats : ils figurent aux tableaux suivants :



## PREMIERE SERIE D'ESSAIS : SOUCHE 1467 EN BOUILLON PEPTONE

|                                             | ESSAI n°1        | ESSAI n°2        | ESSAI n°3       | Bouillon seul |
|---------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------|
| Richesse du bouillon (°)<br>(Germes par ml) | 10 <sup>12</sup> | 10 <sup>10</sup> | 10 <sup>9</sup> |               |
| Nombre de <u>Biomphalaria</u>               | 60               | 60               | 100             | 60            |
| Température ( 0 °C)                         | 21-23            | 19-22            | 20-21           | 20-21         |
| Temps de contact (jours)                    | 4                | 4                | 7               | 4             |
| Mortalité observée (p.100)                  | 100              | 70               | 46              | 73            |
| Nombre de pontes                            |                  |                  | 64              |               |
| <u>Témoins</u>                              |                  |                  |                 |               |
| Mortalité                                   | néant            | néant            | néant           | néant         |
| Nombre de pontes                            |                  |                  | 200             |               |

(°) 500 ml de Bouillon dans 4 500 ml d'eau, sauf pour l'essai n° 3 (500 ml pour 6 500 ml d'eau).

## DEUXIEME SERIE D'ESSAIS : SOUCHE 1467 SUR GELOSE T REPRISSE EN EAU PHYSIOLOGIQUE

|                                          | ESSAI n°1       | ESSAI n°2         | ESSAI n°3        | ESSAI n°4        | ESSAI n°5       |
|------------------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Richesse en germes (°)<br>Germes par ml) | 10 <sup>8</sup> | 2x10 <sup>8</sup> | 10 <sup>10</sup> | 10 <sup>13</sup> | 10 <sup>8</sup> |
| Nombre de <u>Biomphalaria</u>            | 100             | 100               | 100              | 100              | 100             |
| Température (0 °C)                       | 22-23           | 20-21             | 20-21            | 21               | 21-22           |
| Temps de contact                         | 5 jours         | 5 jours           | 8 jours          | 9 jours          | 20 jours        |
| Mortalité observée                       | 4 p.100         | 4 p.100           | 4 p.100          | 11 p.100         | 20 p.100        |
| Nombre de pontes                         | 83              | 24                |                  |                  | 36              |
| Mortalité au bout d'un mois              |                 | 6 p.100           | 19 p.100         | 37 p.100         |                 |
| Nombre de pontes                         |                 |                   |                  | 9                |                 |
| <u>Témoins</u>                           |                 |                   |                  |                  |                 |
| Mortalité au bout d'un mois              | néant           | néant             | 24 p.100         | 9 p.100          | néant           |
| Nombre de pontes                         | 243             |                   |                  | 23               | 266             |

(°) Pour tous les essais, 500 ml d'eau physiologique renfermant les Bacilles dans 4,5 litres d'eau neutralisée.



2.1. Dans la première série d'essais (Souche 1467 en Bouillon peptoné, on observe, au bout de quatre jours, une mortalité importante des Biomphalaria qui, pour une dilution de 1/10, est fonction du nombre de germes présents dans le bouillon. Elle est de 100 % à  $10^{12}$  <sup>(°)</sup> et de 70 % à  $10^{10}$ .

Pour une dilution de 1/14, à  $10^9$  germes par ml, même si le temps de contact est plus long (7 jours), le pourcentage de mortalité des Biomphalaria n'atteint pas 50 %.

Malheureusement, en bouillon peptoné seul, la mortalité est également élevée : elle avoisine 75 % au bout de 4 jours.

Dans les deux cas, que ce soit avec ou sans bacilles, la mortalité des mollusques dans les classes d'âge, telles qu'elles ont été définies précédemment, est rigoureusement semblable :

| Diamètre des coquilles | Pourcentage de mortalité |                          |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                        | Bouillon T avec bacilles | Bouillon T sans bacilles |
| Plus de 20 mm          | 73 %                     | 70 %                     |
| De 10 à 20 mm          | 72 %                     | 70 %                     |
| Moins de 10 mm         | 72 %                     | 72 %                     |

Dans cette série d'essais, la mortalité observée semble devoir être imputée à la présence de peptone dans le bouillon, ce qui confirme les observations de TRIPP à propos de Bacillus pinotii (112).

2.2. Dans la seconde série d'essais, — comme il a été dit plus haut —, on supprime la peptone, on cultive les germes sur Gélose T, germes que l'on reprend en eau physiologique.

Les résultats ne sont pas meilleurs, comme le montre la lecture du tableau,

---

(°) Dans cet essai, au bout de 24 heures, le bac se trouble profondément avec apparition en surface d'une abondante mousse blanche. L'odeur est nauséabonde (beurre rance). Tous les mollusques meurent entre 12 et 36 heures. 48 heures après le début de l'expérience, ils sont dans un état de décomposition avancée.



Après contact de 5 jours, et avec une richesse en germes de  $10^8$  et de  $2 \times 10^8$ , la mortalité n'est que de 4 %.

A  $10^{10}$  et au bout de 8 jours, elle est également de 4 %. Dans cet essai n° 3 du tableau, le pourcentage atteint 19 % au bout d'un mois, mais il n'est nullement significatif, car, dans ce cas, la mortalité des témoins (24 %) dépasse celle des mollusques soumis à l'action des bacilles.

A  $10^{13}$  germes par ml, 9 jours après le début de l'expérience, la mortalité est de 11 % et, un mois plus tard, de 37 % (9 % chez les témoins).

A  $10^8$  germes par ml et sur une période de 20 jours, la mortalité est de 20 %.

Selon le diamètre des coquilles, la répartition des mollusques morts est la suivante :

| Diamètre des coquilles | Pourcentage de mortalité |                       |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                        | Avec bacilles            | Témoins sans bacilles |
| Plus de 20 mm          | 26 %                     | 40 %                  |
| De 10 à 20 mm          | 21 %                     | 14 %                  |
| Moins de 10 mm         | 15 %                     | 0 %                   |

L'action molluscicide de la souche N.R.S. 1467 est donc extrêmement limitée et cette action n'apparaît que dans la mesure où le nombre de germes au ml est très élevé et le temps de contact bacilles-mollusques plus long.

Dans ces conditions, la souche N.R.S. 1467 n'est guère utilisable dans la lutte contre les mollusques vecteurs de Bilharziose.

## 2. Aeromonas hydrophila

Il était intéressant d'étudier le pouvoir molluscicide de bactéries pathogènes pour les animaux à sang froid et pour certains animaux à sang chaud fréquentant les milieux aquatiques (canards).



Dans ce but, nous avons utilisé une souche d'Aeromonas hydrophila (n° 75102) (°) isolée à partir d'un ulcère de crapaud africain.

Elle présente les caractères suivants :

|          |         |         |         |         |                      |         |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------------------|---------|
| ONPG : + | ADH : + | LDC : - | ODC : - | CIT : + | H <sub>2</sub> S : - | URE : - |
| TDA : -  | IND : + | VP : +  | GEL : + | GLU : + | MAN : +              | INO : - |
| SOR : -  | RHA : - | SAC : - | MEL : - | AMY : + | ARA : +              | OX : +  |

21. Nous avons d'abord procédé à un essai préliminaire. L'Aeromonas est cultivé dans 500 ml de Bouillon T (voir supra) à 37 °C pendant 24 heures. Sa richesse est de  $28 \times 10^{10}$  germes par ml.

Le bouillon est versé dans un cristallisoir renfermant 4,5 litres d'eau neutralisée. On introduit 100 mollusques (20 de plus de 20 mm, 60 de 10 à 20 mm et 20 de moins de 10 mm). La température oscille entre 21 et 23 °C.

Le milieu se trouble rapidement et se recouvre d'une pellicule blanchâtre. Il répand une violente odeur de beurre rance. Les mollusques meurent en 24 heures. On ne note aucune mortalité dans le bac témoin.

2.2. Devant ces résultats et compte tenu des observations faites avec la souche N.R.S. 1467 en Bouillon peptoné (voir supra), nous avons modifié la méthode en cultivant à 37 °C l'Aeromonas sur Bouillon T agité constamment durant 24 heures. Nous avons également diminué la richesse en germes du Bouillon, ainsi que le taux de dilution : les 500 ml de culture sont versés dans des cristallisoirs contenant 9 litres et demi d'eau neutralisée (contre 4,5 litres pour l'essai préliminaire).

Quatre essais différents ont été effectués :

- 100 Biomphalaria (°°) - Temps de contact, six heures. Richesse du milieu,  $2 \times 10^{11}$  {Essai n° 1}.

---

(°) Origine : Laboratoire de Pathologie Générale de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

(°°) 20 de plus de 20 mm, 60 de 10 à 20 mm, 20 de moins de 10 mm.



- 100 *Biomphalaria* (idem) - Temps de contact : 24 heures. Richesse du milieu,  $2 \times 10^{11}$ .
- 100 *Biomphalaria* (idem) - Temps de contact : 40 heures. Richesse du milieu,  $10^{11}$  germes au ml.
- 100 *Biomphalaria* (idem) - Bouillon seul dans *Aeromonas* - Temps de contact : 40 heures.

Passé ce temps, les cristallisoirs sont vidés et les mollusques morts dénombrés et mesurés.

Les *Biomphalaria* encore vivants sont placés dans des bacs remplis d'eau claire et suivis régulièrement tous les jours.

Au bout d'un mois, les cristallisoirs sont de nouveau vidés : les mollusques présents — vivants ou morts —, ainsi que leurs pontes, sont comptés.

Les bacs d'expérience sont accompagnés de deux bacs témoins (un pour l'essai n° 1, un pour les essais 2, 3 et Bouillon seul).

Ils renferment le même nombre de mollusques entretenus dans les mêmes conditions.

Les résultats figurent au tableau suivant :

*ACTION MOLLUSCICIDE D'AEROMONAS AEROPHILA EN BOUILLON T AGITE  
A L'EGARD DE BIOMPHALARIA GLABRATA*

|                                             | ESSAI n°1          | ESSAI n°2          | ESSAI n°3 | Bouillon seul |
|---------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------------|
| Richesse du bouillon (°)<br>(Germes par ml) | $2 \times 10^{11}$ | $2 \times 10^{11}$ | $10^{11}$ |               |
| Nombre de mollusques                        | 100                | 100                | 100       | 100           |
| Température (0 °C)                          | 23-24              | 20-25              | 20-24     | 20-25         |
| Temps de contact                            | 6 heures           | 24 heures          | 40 heures | 40 heures     |
| Mortalité observée                          | 1 p.100            | 1 p.100            | 1 p.100   | 5 p.100       |
| Nombre de pontes                            |                    | 2                  | 38        | 35            |
| Mortalité au bout d'un mois                 | 17 p.100           | 11 p.100           | 11 p.100  | 13 p.100      |
| Nombre de pontes                            | 667                | 352                | 882       | 851           |
| <u>Témoins</u>                              |                    |                    |           |               |
| Mortalité au bout d'un mois                 | 2 p.100            | 8 p.100            | 8 p.100   | 8 p.100       |
| Nombre de pontes                            | 852                | 804                | 804       | 804           |

(°) Dans tous les cas, 500 ml de Bouillon dans 9,5 litres d'eau.



Quelle que soit la richesse du milieu en Aeromonas, la mortalité est très faible après 6, 24 et 40 heures de contact.

Après remise en eau claire, elle se poursuit à un rythme lent pour atteindre, au bout d'un mois, 11 à 17 % selon les bacs.

Chez les témoins, elle varie entre 2 et 8 %. Avec le Bouillon peptoné seul, elle est de 13 %.

En fonction de leur taille, la mortalité des mollusques est la suivante :

| Milieu                         | Diamètre des Coquilles |               |                |
|--------------------------------|------------------------|---------------|----------------|
|                                | Plus de 20mm           | De 10 à 20 mm | Moins de 10 mm |
| Bouillon + <u>Aeromonas</u>    | 20 %                   | 6,6 %         | 25 %           |
| Bouillon sans <u>Aeromonas</u> | 20 %                   | 6,6 %         | 25 %           |
| Témoins en eau claire          | 10 %                   | 1,6 %         | 10 %           |

Elle affecte rigoureusement dans les mêmes proportions les mêmes classes d'âge, que ce soit en bouillon seul ou en bouillon renfermant le bacille.

#### CONCLUSIONS :

Aeromonas hydrophila est donc sans action sur Biomphalaria glabrata et la mortalité enregistrée semble devoir être imputée — comme dans le cas de la souche N.R.S. 1467 — à la peptone se trouvant dans le milieu utilisé.

Aeromonas hydrophila a donc été abandonné.

#### C) PARASITES

1) Un champignon, la levure de bière Saccharomyces cerevisiae, et un protozoaire, Dimeriopsis destructor, pathogène pour les mollusques hôtes intermédiaires de trématodes, sont rappelés ici pour mémoire.



2) Les larves de trématodes eux-mêmes, en particulier les larves d'Echinostomatidés, parasites d'oiseaux aquatiques, provoquent chez les Physopsis, Biomphalaria, Bulinus, Limnea, des lésions assez graves pour entraîner la mort de ces animaux. Aussi, faut-il encourager la protection des oiseaux aquatiques sauvages, qui, plus ou moins parasités, entretiennent une source de parasites pour les mollusques de leur biotope. En outre, la présence de larves d'Echinostomes chez les Limnées exerce un effet antagoniste sur les sporocystes de Fasciola : si la Limnée est premier hôte intermédiaire et héberge des rédies et des cercaires d'Echinostome, l'infestation par Fasciola hepatica ne se produit qu'à de très rares occasions et les associations Fasciola-Echinostoma sont exceptionnelles (78).

J. EUZEBY et GRABER (59 (60) ainsi que GOLVAN et COLL (68) se sont livrés à des enquêtes parasitologiques en Guadeloupe ; leur but était de rechercher la présence chez les oiseaux aquatiques de cette région, de trématodes évoluant chez le même vecteur (Biomphalaria glabrata) que S. mansoni, et susceptibles :

- d'entrer chez le mollusque, en compétition avec les formes évolutives (parthénita) de l'agent de la bilharziose ;
- d'exercer, par leur parasitisme propre, un effet inhibiteur sur la reproduction du vecteur.

Quatre espèces de trématodes évoluent durant leur développement larvaire chez Biomphalaria glabrata. Ils stérilisent le mollusque par des mécanismes différents et paraissent être utilisables dans la lutte biologique contre la schistosome intestinale à S. mansoni. Il s'agit de (GOLVAN et coll.) (68) :

- Ribeiroia marini (Cathaemasiidae)
- Stephanoprora sp. (Echinostomatidae)
- Clinostomum sp. (Clinostomatidae)
- Tylodelphis sp. (Diplostomatidae).

Les modalités de l'action pathogène sur B. glabrata ne sont pas identiques pour ces quatre espèces :

- les rédies de R. marini se multiplient aux dépens de la glande génitale, celle-ci disparaît totalement (le trématode digène Ribeiroia marini a été trouvé chez les rats Rattus rattus et Rattus norvegicus par COMBES et coll. (24).
- Pour Stephanoprora, il y a disparition totale de l'ovotestis dont l'emplacement est occupé par de très nombreuses rédies.



- Pour Clinostomum, l'ovotestis des mollusques n'est pas totalement détruit par les rédies, mais son volume est réduit, et il y a blocage de l'évolution des deux lignées germinales. Signalons qu'EUZEBY (59) (60) a trouvé chez un oiseau aquatique de Guadeloupe, le Héron Kio, un tel Clinostomatidé.
- Pour Tylodelphis, il semble que l'action du parasite s'exerce sur le métabolisme de la gonade car les sporocystes sont absents de la glande génitale.

#### D) AGENTS PREDATEURS DES MOLLUSQUES HOTES INTERMEDIAIRES

##### 1) VERTEBRES

- a) Parmi les mammifères, le rat d'eau Microtus amphibius, se nourrit accessoirement de mollusques.
- b) les oiseaux aquatiques sont beaucoup plus intéressants, les Ansériformes en particulier, ainsi que les Echassiers (57). Dans le cas précis de la Clonorchidose, leur présence dans les gîtes à mollusques aquatiques présente un double intérêt, déjà souligné.
- c) Parmi les reptiles, certaines tortues palustres se nourrissent de mollusques, mais chez les amphibiens, on connaît bien l'action prédatrice exercée chez les Australorbis de la Salamandre du Japon, Cryptobranchus japonica (Urodèles), et du crapaud Xenopus loevis (Pleurodèles).
- d) Poissons : le rôle prédateur des poissons à l'égard des mollusques vecteurs de Bilharziose n'a fait l'objet que d'un petit nombre de recherches et, de ce fait, il est encore assez mal connu, sauf en ce qui concerne les poissons de rizière.

La plupart des observations ont été faites dans les pays tropicaux d'Afrique : Zaïre (23) (32) (33) (34) (35) (36) (37) ; Rhodésie (11) ; Ouganda (26) (82) ; Mozambique (107) ; Ghana (87) ; Cameroun (8) (9) (10) ; Madagascar (16), sans oublier les expériences de LAGRANGE (90) en Belgique et celles d'ANDRADE et CARLOS (2) au Brésil.

Les essais ont été réalisés :



- soit uniquement au laboratoire,
- soit sur le terrain (32) (33) (34) (35) (36) (37) (97),
- soit au laboratoire et sur le terrain (16).

Les poissons suivants ont été utilisés :

1. Clupeiformes (Esoxoides)

Famille des Umbriidae (Ombres ou Poissons-Chiens)

Umbra pygmaea.

2. Tetraodontiformes (Tetraodontoides)

Famille des Tetraodontidae (Poisson-Globe)

Tetraodon schoutedeni.

3. Cypriniformes

3.1. Cyprinoides

Famille des Cyprinidae

Carassius auratus, le Cyprin doré

Engraulicypris brevianalis

Mylopharyngodon piceus (= la Carpe noire).

3.2. Siluroidei (= Silures ou Poissons-Chats).

3.2.1. Famille des Ariidae

Arius africanus (= le "Gogo" de Madagascar).

3.2.2. Famille des Bagridae

Chrysichthys mabusi.

3.2.3. Famille des Clariidae

Clarias gariepinus

3.2.4. Famille des Mochocidae

Synodontis sp.

4. Cyprinodontiformes

Famille des Poeciliidae

Gambusia holbrooki (= Gambusie).



## 5. Perciformes.

### 5.1. Percoidei

Famille de Cichlidae (= Perches des tropiques)

Tilapia nilotica

Tilapia shirana

Tilapia sili

Tilapia rendalli (= T. melanopleura)

Sarotherodon mossambicus (= T. mossambica)

Paratilapia polleni (= le Marakely de Madagascar)

Ptychochromis oligantus (= le Saroy de Madagascar)

Cichlasoma biocellatus

Haplochromis mellandi

Haplochromis bimaculatus

Pelmatochromis kribensis

Astatoreochromis alluaudi

Nannochromis nudiceps

Macroleurodon bicolor.

### 5.2. Anabantoidei

Famille des Osphronemidae (= Combattants)

Macropodus opercularis.

## 6. Ceratodiformes (Dipneustes)

Famille des Protopteridae

Protopterus aethiopicus.

Ce sont, dans leur quasi totalité, des poissons originaires des zones tropicales d'Asie (Macropodus, Arius, Carassius, Mylopharyngodon, d'Amérique (Cichlasoma, Umbra, Gambusia) et d'Afrique : Zaïre (Tetraodon, Nannochromis), Madagascar (Paratilapia, Ptychochromis), Cameroun (Pelmatochromis) et surtout les grands lacs de l'Est africain. Rien que dans le lac Victoria, on a dénombré huit espèces de poissons malacophages (82) dont 1' Astatoreochromis alluaudi qui a été introduit avec succès, il y a une dizaine d'années déjà au Cameroun (8) (9) (10).



Malheureusement, tous ces poissons ne sont pas également malacophages. On distingue :

- des poissons réputés malacophages sur le terrain. Leur action prédatrice demande, toutefois, à être mieux précisée au laboratoire : Chrysichthys mabusi, Clarias gariepinus, Haplochromis bimaculatus, Protopterus aethiopicus, Synodontis sp. et Macropleurodus bicolor.
- des poissons macrophytophages ou microphages, occasionnellement malacophages, quand, dans le milieu où ils sont placés, ils sont mis en contact avec des mollusques, sans qu'aucune nourriture d'appoint ne soit distribuée : Tilapia nilotica, Tilapia shirana, Sarotherodon mossambicus (= Tilapia mossambica) , Paratilapia pollini, Airus africanus, Ptychochromis oligantus, Gambusia holbrooki.
- des poissons dont l'action malacophage ne s'exerce que sur les très jeunes Biomphalaria (jusqu'à 5 mm de diamètre) : Carassius auratus, Pelmatochromis kribensis, Macropodus opercularis, Nannochromis nudiceps, Umbra pygmaea. Ces poissons respectent les Biomphalaria de grande taille capables de se reproduire, donc de réinfester le milieu et de coloniser un autre milieu, lorsqu'ils sont entraînés au loin par la montée des eaux, à la fin de la saison des pluies notamment.
- ne peuvent donc être retenus que les poissons carnivores susceptibles de détruire dans un canal, un étang ou une rivière la totalité des mollusques, c'est-à-dire :
  - Mylopharyngodon piceus, la "Black Carp" ;
  - Haplochromis mellandi ;
  - Ostatoreochromis alluaudi qui s'attaque aux coquilles vivantes et dévore les mollusques en un temps très court (18 heures pour 4 poissons adultes mis en contact avec 20 Biomphalaria et Limnées) ;
  - Cichlasoma biocellatus : au laboratoire, un couple est capable de consommer en 3 mois 1 000 petits mollusques et 450 gros de 10 à 20 mm de diamètre. Un seul individu peut détruire journallement 10 Planorbes de 15 à 20 mm ;
  - Tilapia rendalli (Tilapia melanopleura) et Tilapia zillii sont réellement malacophages, agissant à la fois sur les adultes et sur les pontes de mollusques.

Il est difficile, en Europe, de se procurer ces espèces qui sont, dans leur majorité, originaires d'Asie, d'Afrique ou d'Amérique. Cela est particulièrement vrai pour les poissons qui se montrent les plus actifs, notamment Mylopharyngodon piceus, Haplochromis mellandi, Astatoreochromis alluaudi et Cichlasoma biocellatus.



Compte tenu des excellents résultats obtenus à Madagascar (16) sur Limnea natalensis à partir de Tilapia rendalli et de Tilapia zillii, nous avons décidé d'étudier au laboratoire de Parasitologie de l'E.N.V.L., l'action malacophage de ces Cichlidae à l'égard de Biomphalaria glabrata.

## 1. MATERIEL ET METHODE

1.1. Matériel : Pour ce faire, nous avons pris contact avec le Musée des Arts Africains et Océaniques (°) de Paris qui dispose d'un aquarium de réputation mondiale où sont entretenues de nombreuses espèces tropicales. Des Tilapia zillii ont été mis en reproduction. Malheureusement, dans le courant de l'été, l'élevage a périclité et, finalement, à la fin du mois de septembre, nous n'avons pu disposer que :

- de 11 Tilapia de 3 à 10 cm comprenant une majorité de Sarotherodon mossambicus et quelques exemplaires de Tilapia rendalli.

- 13 Labeotropheus sp. de 8 à 10 cm. Il s'agit d'un petit Cichlidé de couleur bleue originaire du Lac Victoria. Ces poissons ont un régime éclectique qui comporte, entre autres, des mollusques, lorsqu'ils peuvent en disposer. D'ailleurs, dans certains élevages en aquarium, on leur distribue parfois des Anodontes et des Melania.

Tilapia et Labeotropheus ont été mis dans des seaux de plastique remplis de 4 litres d'eau et fermés hermétiquement. Entre le moment où ils ont été sortis de l'aquarium du Musée des Arts Africains et Océaniques et le moment où ils sont arrivés au laboratoire de Parasitologie de l'Ecole Nationale de Lyon, il s'est écoulé exactement 3 heures (déplacement Paris - Lyon en avion).

Si les Tilapia ont fort bien résisté au voyage, il n'en est pas de même des Labeotropheus et six d'entre eux sont morts en court de route, l'eau du seau n'étant vraisemblablement pas suffisamment oxygénée.

Une première constatation s'impose : le transport des Labeotropheus s'avère donc beaucoup plus délicat que celui des Tilapia.

---

(°) Docteur Denise, Vétérinaire, que nous tenons à remercier vivement.



1.2. Méthode : Les 11 Tilapia et les 6 Labeotropheus restants ont été placés, dès leur arrivée au laboratoire, dans deux aquarium en verre à monture métallique contenant 170 litres d'eau à 23 °C.

En même temps, dans chaque bac, ont été introduits 692 Biomphalaria glabrata de toute taille, c'est-à-dire :

- 17 de plus de 20 mm,
- 28 de 15 à 20 mm,
- 227 de 10 à 15 mm,
- 420 de moins de 10 mm.

Les aquarium sont absolument nus et ne comportent ni pierres, ni branchages, ni sable. L'oxygénation est assurée par un filtre "Eheim" et par huit pompes "Belbul" fonctionnant de façon continue.

Dans la journée, chaque aquarium est chauffé au moyen d'une résistance électrique : la température demeure comprise entre 22 et 24 °C. Dans le courant de la nuit, elle baisse légèrement (21-22 °C).

La nourriture est à base :

- de poudre spéciale pour poissons ("Tetramin") distribuée à volonté deux fois par jour, matin et soir ;
- de feuilles de salade crue destinée aux mollusques.

Les aquarium sont nettoyés tous les jours à l'aide d'un tuyau de plastique branché sur une pompe aspirante, tuyau que l'on promène sur le fond du bac, afin d'éliminer les déjections des mollusques et des poissons. Tous les deux jours, on soutire 50 à 70 litres d'eau que l'on remplace en quantité égale par de l'eau du robinet neutralisée à la Contra-Chlorine. Chaque jour, on retire les coquilles vides au fond de l'aquarium.

Parallèlement, les pontes déposées dans les angles sont comptées et des moyennes journalières établies.

Un bac témoin (600 Biomphalaria) permet de suivre le comportement des Planorbes pendant toute la durée de l'expérience et de situer le niveau de mortalité naturelle.



## 2. RESULTATS

Ils sont encore provisoires, car — comme il a été dit plus haut —, les observations, pour être valables, doivent porter au minimum sur une période de un an.

### 2.1. Sarotherodon mossambicus et Tilapia rendalli

Les résultats digurent au tableau suivant :

MORTALITE DES B. GLABRATA MIS EN CONTACT AVEC LABEOTROPHEUS sp. ET S. MOSSAMBICUS  
ET T. RENDALLI

| Nombre de Poissons<br>Nombre de Mollusques | 11 <u>Tilapia</u><br>692 Mollusques                    | 6 <u>Labeotropheus</u> , puis 2<br>692 Mollusques    | 600 Mollusques<br>témoins                                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Septembre 1976                             | 51                                                     | 94                                                   | Moins de 10% de<br>l'effectif durant<br>toute la période<br>considérée |
| Octobre 1976                               | 145                                                    | 106                                                  |                                                                        |
| Novembre 1976                              | 55                                                     | 44                                                   |                                                                        |
| Décembre 1976                              | 51                                                     | 59                                                   |                                                                        |
| Janvier 1977                               | 51                                                     | 75                                                   |                                                                        |
| TOTAL                                      | 353 (51%)                                              | 377 (54,4%)                                          |                                                                        |
| Au. 24.01.1977                             | vivants : 281<br>(40,6%)<br><br>disparus: 58<br>(8,4%) | vivants : 355<br>(45,6%)<br><br>excédent: 40<br>(6%) |                                                                        |

Au bout de quatre mois, 51 % des Biomphalaria sont mangés par les poissons et il ne reste plus que des coquilles vides.

8 % disparaissent complètement, coquilles comprises.

Le nombre de mollusques vivants est de 281 (40,6 % de la population d'origine).

Il comprend :

- 57 Biomphalaria de plus de 20 mm,
- 113 Biomphalaria de 15 à 20 mm,
- 111 Biomphalaria de 10 à 15 mm.

Les exemplaires de 4 à 10 mm sont totalement absents du bac.



Par ailleurs, le nombre de pontes journalières, après être passé par un maximum en octobre-novembre, baisse sensiblement à partir de décembre et se maintient à un niveau sensiblement inférieur à celui observé dans le bac témoin (- 28,3 %) ou dans le bac renfermant les Labeotropheus (- 65,5 %). Par rapport à la population initiale, on note :

- une modification de la pyramide des âges au détriment des individus les plus jeunes (moins de 10 mm) qui ne sont plus représentés quatre mois après le début de l'expérience.
- un vieillissement marqué de la population : Biomphalaria de plus de 20 mm : plus 70 % ; Biomphalaria de 15 à 20 mm : plus 75 % ; Biomphalaria de 10 à 15 mm, moins 60 %).
- par rapport aux témoins, une diminution sensible du nombre de pontes journalières.

Les Tilapia ont un régime alimentaire varié. Très voraces, ils se nourrissent de "Tetramin", de feuilles de salade destinées aux mollusques et des pontes de Biomphalaria qu'ils décrochent des parois du bac et dévorent avec avidité, d'où la réduction progressive du nombre de pontes journalières dans l'aquarium . L'action malacophage s'exerce également à l'égard des mollusques de moins de 10 mm (en moyenne, pour 11 poissons, 3 mollusques par jour). Il est frappant de constater qu'en additionnant le nombre de mollusques morts ou disparus, on obtient le chiffre de 411 individus, qui, à neuf unités près, correspond au nombre de Biomphalaria (420) de moins de 10 mm introduits dans le bac au début de l'expérience. Pour les Biomphalaria de plus de 10 mm demeurés vivants, les chiffres sont également comparables : 273 et 281.

On peut donc estimer que les Tilapia s'attaquent de préférence aux pontes et aux jeunes Biomphalaria de moins de 10 mm. Les individus de plus de 10 mm, de par leur taille, échappent à l'action prédatrice des poissons, poursuivent leur croissance et se multiplient normalement jusqu'à ce qu'ils meurent de mort naturelle.

Les résultats provisoires semblent indiquer que les Tilapia agissent sur les populations de Biomphalaria par extinction progressive dans le temps, le renouvellement des générations n'étant plus assuré.



## 2.2. Labeotropheus sp.

Parmi les six Labeotropheus demeurés vivants, il y avait cinq mâles et une femelle. Les Labeotropheus sont des poissons très agressifs qui se livrent — surtout les mâles — à de violentes batailles nocturnes. Le mâle le plus vigoureux a ainsi réussi à éliminer progressivement ses concurrents : 2 le 7.10.1976 ; un le 12.10.1976 et le dernier le 31.10.1976.

Comme le montre le tableau suivant, les Labeotropheus sont bien prédateurs de mollusques. Au bout de quatre mois, 54 % de la population initiale a disparu.

MOYENNE JOURNALIERE DU NOMBRE DE PONTES DES BIOMPHALARIA MIS EN CONTACT AVEC DES  
TILAPIA ET DES LABEOTROPHEUS

| Nombre de Poissons<br>Nombre de Mollusques | 6 <u>Labeotropheus</u> , puis 2<br>692 Mollusques | 11 <u>Tilapia</u><br>692 Mollusques | 600 Mollusques<br>témoins |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Septembre 1976                             | 26                                                | 50                                  | 140                       |
| Octobre 1976                               | 530                                               | 440                                 | 300                       |
| Novembre 1976                              | 880                                               | 455                                 | 180                       |
| Décembre 1976                              | 1 030                                             | 270                                 | 360                       |
| Janvier 1977                               | 810                                               | 280                                 | 390                       |

Il ne reste que :

- Biomphalaria de 15 à 20 mm : 129 (+ 78,3 %)
- Biomphalaria de 10 à 15 mm : 120 (- 47,2 %)
- Biomphalaria de moins de 10 mm : 28 (plus, au fond de l'aquarium, un certain nombre de très jeunes individus de la grosseur d'une tête d'épingle qu'il est impossible de compter).

Pendant toute la période considérée, la moyenne journalière du nombre de pontes se maintient à un haut niveau, avec une légère baisse en janvier.

Par comparaison avec les Tilapia, on remarque :

- un vieillissement marqué de la population.
- une modification de la pyramide des âges, mais, dans ce cas, les individus les plus jeunes ne sont pas complètement éliminés,
- les possibilités de reproduction des Biomphalaria demeurent à peu près intactes. Les Labeotropheus ont un régime alimentaire assez éclectique, mais



ne consomment pas les éléments végétaux (salades) mis à la disposition des mollusques. Ils ne s'attaquent pas non plus aux pontes de Biomphalaria qui demeurent solidement accrochées aux parois et évoluent normalement.

L'action prédatrice s'exerce essentiellement sur les jeunes de moins de 10 mm (en moyenne un mollusque par jour et par poisson). Elle est moins complète qu'avec les Tilapia : en effet, au bout de quatre mois, on retrouve 327 Biomphalaria de plus de 10 mm contre 272 au début de l'expérience, ce qui montre que 55 jeunes mollusques ont échappé aux Labeotropheus.

Pour obtenir un résultat valable, il faudrait pouvoir détruire la totalité des jeunes (moins de 10 mm) Biomphalaria présents, avant qu'ils ne deviennent adultes. Pour ce faire, il est nécessaire d'utiliser un plus grand nombre de poissons, ce qui n'est guère possible, compte tenu des habitudes agressives des Labeotropheus mâles.

### 3. CONCLUSIONS (provisaires)

Les Tilapia (S. mossambicus et T. rendalli) dévorent en un temps relativement court les pontes de Biomphalaria glabrata et les jeunes de moins de 10 mm, ce qui empêche le renouvellement des populations de mollusques et les voue à l'extinction.

Les Labeotropheus, beaucoup plus fragiles, exercent une action prédatrice sur les jeunes Biomphalaria glabrata de moins de 10 mm, mais pas sur les pontes. En lutte biologique, ils paraissent donc moins intéressants que les Tilapia.

## 2) INVERTEBRES

a) Annélides : La sangsue Helobdella fusca attaque Biomphalaria glabrata au laboratoire, mais, il n'a, malheureusement, pas été possible de reproduire ce résultat sur le terrain. Toutefois, cette mise en évidence du caractère malacophage d'une sangsue orienta des recherches dans le même sens avec la sangsue Gnathobdelliforme (Hirudidae) Hirudo medicinalis. GRABER et EUZEBY (76) ont conclu que cette sangsue est incapable de détruire des populations de Biomphalaria adultes, mais ont observé une diminution sensible du nombre des pontes émises, diminution indirecte provoquée par les pertes de sang que les sangsues infligent aux mollusques.



b) Mollusques prédateurs d'autres mollusques hôtes intermédiaires : l'action prédatrice sur Biomphalaria glabrata du mollusque Marisa cornuarietis est soulignée depuis longtemps. En fait, M. cornuarietis, gros mollusque de 4 cm de diamètre, très vorace, dévore les jeunes et les oeufs de Biomphalaria glabrata en même temps que les végétaux dont elle se nourrit, ces pontes et ces jeunes étant portés par les herbes aquatiques. Une telle prédation est signalée pour un mollusque voisin de Marisa, Pomacea sp. (Ampullariidae) (57). Dans certaines régions du Brésil, en effet, on a constaté que la densité des populations de Biomphalaria glabrata est particulièrement faible lorsque ce mollusque coexiste avec Pomacea sp. Etudiée au laboratoire, l'action prédatrice de Pomacea s'est confirmée : il empêche B. glabrata de se multiplier en dévorant ses oeufs. Mais le problème de l'identification précise de Pomacea sp. n'est pas encore résolu (12) (62) (104) (115).

L'introduction de mollusques prédateurs (ou compétiteurs : cf. : infra) des mollusques hôtes intermédiaires pose toutefois un problème épidémiologique : en effet, la spécificité des miracidiums envers les différents mollusques n'est pas très étroite en général, aussi le mollusque nouvellement introduit risque de devenir lui-même hôte intermédiaire d'un helminthe. En outre, si ce mollusque est très vorace (et c'est le cas de Marisa cornuarietis) il peut être nuisible aux autres éléments de la faune ou de la flore.

c) Crustacés : Les crustacés prédateurs de mollusques hôtes intermédiaires de trématodes appartiennent à deux ordres : les Ostracodes et les Décapodes.

1) Plusieurs Ostracodes : Cypridopsis hartwigi MÜLLER, 1900 (39) ; Cypridopsis vidua O.F. MÜLLER, 1771 (92) ; Cypretta kawatai SOHN et KORNICKER (108) sont capables au laboratoire d'attaquer et de dévorer les très jeunes Biomphalaria glabrata âgés de 2 à 5 jours. Sur les mollusques adultes, ils exercent une action irritative, ce qui amène les Biomphalaria :

- soit à se rétracter dans leur coquille et à n'en point sortir sous peine d'être immédiatement assaillis,
- soit à quitter précipitamment le milieu aquatique.

Les auteurs qui ont utilisé ces Ostracodes font remarquer qu'ils peuvent, dans le milieu où ils se trouvent, être sollicités par d'autres proies vivantes et délaisser les mollusques présents, ce qui diminue d'autant leur intérêt en matière de lutte biologique.



Toutefois, les Ostracodes — Cypretta kawatai surtout — sont prolifiques et faciles à élever. Leurs pontes éclosent en quatre jours. 14 jours plus tard, on obtient des individus sexuellement mûrs susceptibles de se reproduire à leur tour. Chaque Cypretta pond environ 60 oeufs en huit jours (108).

En outre, le transport de ces Ostracodes sur une distance assez longue ne pose pas de problèmes majeurs.

Dans ces conditions, il serait intéressant d'envisager sur le terrain, c'est-à-dire dans une mare riche en Biomphalaria, un essai limité destiné à mieux préciser, dans les conditions naturelles, le rôle prédateur des Cypridopsis et des Cypretta.

2) L'ordre des Décapodes comprend trois sous-ordres :

- Les Macroures dont l'abdomen est bien développé (homards, langoustes, écrevisses, crevettes-).
- Les Brachyours dont l'abdomen atrophié est replié sous la carapace (crabes).
- Les Anomoures intermédiaires entre les deux sous-ordres précédents (bernard-l'hermites).

2.1. Les Brachyours prédateurs de mollusques appartiennent à la famille des Potamonidae et au genre Potamon. Deux d'entre eux ont été expérimentés au laboratoire : Potamon edule d'Afrique du Nord et d'Egypte (41) et Potamon didieri du Zaïre (91). Les observations faites montrent que ces Crabes d'eau douce au régime omnivore — bien que préférant une nourriture animale (poissons et peut-être Batraciens) — mis en contact avec des Bulins et des Biomphalaria font preuve d'une moins grande agressivité et d'une moins grande voracité que d'autres Décapodes, les écrevisses notamment. Quoique plus résistants que celles-ci, plus puissants et d'adaptation plus facile, les Crabes paraissent n'avoir à l'égard des vecteurs de Bilharziose qu'une action molluscicide relative, voire auxiliaire (41).

2.2. Compte tenu de ces observations et des premiers résultats — fort prometteurs — obtenus avec les Macroures de la famille des Astacidae, c'est-à-dire les écrevisses (39 (40) : Astacus astacus, Linné, (l'écrevisse à pattes rouges), Astacus leptodactylus, Eschscholtz, (l'écrevisse à pattes grêles ou écrevisse russe) et Cambarus affinis, Say, (l'écrevisse américaine), il a été décidé d'approfondir un peu plus la question, au laboratoire de Parasitologie de l'E.N.V.L. (Dr GRABER).



Ne pouvant nous procurer facilement des Astacus devenus rares en France, nous avons, pour des raisons pratiques, choisi l'écrevisse américaine : en effet, à la suite de la grande épidémie de "Peste" (Saprolegnose à Aphanomyces astaci) qui ravagea, à la fin du siècle dernier les populations indigènes d'Astacus astacus (écrevisses à pattes rouges) et d'Astacus pallides Lereboullet (écrevisses à pattes blanches), on a cherché à introduire dans les rivières françaises des écrevisses supposées plus résistantes, notamment Cambarus affinis qui normalement colonise l'Est des U.S.A., les grands lacs et certaines régions de l'Amérique tropicale.

Ce repeuplement effectué de façon anarchique a abouti à l'envahissement d'un grand nombre de cours d'eau européens, dont la Saône dans sa traversée de Lyon. Il était donc facile, dans cette rivière qui coule au pied de l'Ecole Vétérinaire, de pêcher des écrevisses américaines et de les utiliser immédiatement à des fins expérimentales.

Les écrevisses du genre Cambarus présentent un certain nombre de caractères qui les distinguent du genre Astacus : elles n'ont ni pleurobranchies ni crête médiane denticulée sur la face dorsale du persion. De plus, l'orifice de la glande verte est situé tout-à-fait au sommet du tubercule faisant saillie à la base de l'antenne.

Cambarus affinis est une espèce de grande taille qui vit à 1,5 - 2 mètres de profondeur dans les cours d'eau rapides (mais ce n'est pas une règle absolue), à fond calcaire, marneux ou argileux. Le pH de l'eau n'a pratiquement pas d'influence sur le comportement du crustacé qui est capable de survivre 20 jours à pH 3,1. Il en est de même de la température : Cambarus affinis se développe normalement à des températures comprises entre 4 et 28 °C, alors que les Astacus, surtout Astacus astacus, s'accommodent mal d'une température supérieure à 20 °C (42).

Très voraces, les écrevisses se nourrissent :

- de matières végétales : pousses de plantes aquatiques (cresson, berle, ortie) ; fragments de potirons et de carottes, ce qui, théoriquement, permet de maintenir ces crustacés en aquarium.
- d'organismes animaux contenus dans le milieu aquatique : vers, sangsues (cinq Cambarus dévorent 20 sangsues en moins de deux minutes), larves d'insectes (dyptiques, libellules, chironomides), têtards, pontes de certains poissons. Mais les mollusques dulçaquicoles et les moules de rivière (Anodonta) constituent leur nourriture préférée, car, de par leur marche assez lente, les Cambarus sont inca-



pables de capturer des proies vivantes, sauf si celles-ci sont moins agiles qu'eux, ce qui est le cas des mollusques. C'est dire tout l'intérêt des Cambarus dans la lutte contre les Biomphalaria vecteurs de Bilharziose intestinale humaine.

Nous envisageons successivement :

- 1) Le rôle prédateur des Cambarus à l'encontre des mollusques et de leurs pontes.
- 2) Les variations de l'activité prédatrice des Cambarus en fonction de la saison et du nombre de mollusques vecteur.
- 3) La résistance des Cambarus à la chaleur.
- 4) L'antagonisme possible de Cambarus affinis et de certains crustacés décapodes, en particulier, le Ouassou, Macrobrachium carcinus.
- 5) Conclusions.

1) Rôle prédateur de Cambarus affinis à l'encontre de Biomphalaria glabrata et de leurs pontes :

Un essai préliminaire a été effectué en septembre 1973 (75) : l'expérience a porté sur 425 Biomphalaria de 3 à 19 mm élevés depuis le début de mai 1973 dans un aquarium de 90 litres. Le bac se trouvait dans un endroit sombre, ce qui est favorable, puisque les écrevisses fuient la lumière et recherchent les endroits sombres.

Les Cambarus pêchés dans la Saône n'ont reçu aucune nourriture durant 5-6 jours avant d'être mis en contact avec les Biomphalaria le 28.8.1973. Dix d'entre eux, mâles et femelles, parmi les plus vigoureux, ont été sélectionnés et jetés dans le bac renfermant les mollusques. Un cadre grillagé disposé dans l'aquarium et déplacé matin et soir leur permet de remonter à la surface.

L'expérience a été arrêtée le 6 septembre dans la matinée.

Trois écrevisses se sont échappées du bac : elles ont été immédiatement remplacées. Parallèlement, dix Cambarus ont été installés dans un aquarium à part ; ils ont servi de témoins et leur comportement a été normal durant toute la journée de l'essai.

Le 6 septembre 1973, après vidange de l'aquarium, la population de Biomphalaria était composée de =

- 165 mollusques vivants,

- 118 mollusques morts avec coquilles fracturées ou réduites à l'état de fragments,



- ce qui représente, au total, 283 mollusques.

- Le reste de la population, soit  $485 - 283 = 142$  Biomphalaria a complètement disparu. Les coquilles vides recueillies mesurent 11-19 mm, ce qui laisse supposer que les Planorbidés dont la taille est inférieure à 10 mm ont été entièrement consommés par les Cambarus, coquilles comprises.

En dix jours, dix écrevisses ont donc tué  $142 + 118 = 260$  mollusques, soit 61,5 % de la population initiale. Chaque crustacé détruit, en moyenne, un peu plus de 2,6 Biomphalaria par jour.

Les mollusques réagissent : à partir du sixième jour, les survivants délaissent le fond de l'aquarium et remontent vers la surface, loin des Cambarus qui se trouvent en profondeur ou sur le cadre grillagé à des distances variables.

Pour compenser les pertes subies, les Biomphalaria se mettent à pondre massivement. Le 28.8.1973, au début de l'expérience, il n'y avait que 55 pontes sur les parois du bac. 454 ont été dénombrées le 6.9.1973 et cela, malgré la présence des écrevisses, la malpropreté de l'eau et sa température élevée, facteurs éminemment défavorables à la reproduction des mollusques.

Les pontes sont groupées à 8-9 cm du fond, c'est-à-dire hors de portée des prédateurs.

Devant ces premiers résultats très encourageants, il a été décidé de poursuivre les observations.

1.1. Destruction de mollusques d'âge et de taille différents placés soit dans des bacs nus, soit dans des bacs garnis de grillages ou de pierres.

Trois séries d'essais ont été effectués au printemps 1974, tous dans les mêmes conditions, c'est-à-dire dans des cristallisoirs de verre de 20 litres aérés de façon continue par des pompes "Belbul". La température est maintenue à 22-23 °C. Les écrevisses ne reçoivent aucune nourriture d'appoint. De la laitue fraîche est distribuée à satiété aux Biomphalaria.

A l'intérieur de ces cristallisoirs sont disposés soit un grillage permettant aux écrevisses de remonter à la surface (Essai n° 1), soit des pierres empilées à des hauteurs variables (Essai n° 2). L'essai n° 3 ne comporte ni grillage, ni pierres et le bac est nu.



Des Biomphalaria d'âge et de taille différents sont mis en contact pendant un temps plus ou moins long avec des Cambarus, jeunes et adultes, en nombre variable.

Les résultats sont les suivants :

|            | Matériel                                                             | Temps de contact | Résultats                                                                                               |
|------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Essai n° 1 | 150 Mollusques de 10-12 mm<br>3 Ecrevisses moyennes                  | 8 jours          | 86 coquilles fracturées vides<br>15 coquilles fracturées avec<br>mollusques morts<br>le reste a disparu |
|            | 150 Mollusques de 4 à 5 mm<br>3 Ecrevisses moyennes                  | 4 jours          | 24 Mollusques vivants<br>12 coquilles avec<br>mollusques morts<br>114 coquilles vides fracturées        |
| Essai n° 2 | 106 Mollusques de 5-10 mm<br>3 Ecrevisses<br>(2 grosses, 1 petite)   | 12 jours         | 20 Mollusques vivants sous<br>les pierres                                                               |
|            | 106 Mollusques de 9-20 mm<br>3 Ecrevisses<br>(2 grosses, 1 petite)   | 12 jours         | 6 <u>Biomphalaria</u> de 15-20 mm<br>vivants                                                            |
|            | 100 Mollusques de 18-22 mm<br>4 Ecrevisses<br>(2 grosses, 2 petites) | 12 jours         | 48 <u>Biomphalaria</u> vivants<br>52 coquilles vides fracturées                                         |
|            | 50 Mollusques de 5 à 21 mm<br>5 petites Ecrevisses<br>(5 à 8 cm)     | 9 jours          | Plus aucun mollusque vivant                                                                             |
|            | 100 Mollusques de 20-21 mm<br>5 Ecrevisses<br>(2 grosses, 3 petites) | 24 jours         | Plus aucun mollusque vivant                                                                             |
|            | 60 Mollusques de 15-20 mm<br>5 Ecrevisses<br>(2 grosses, 3 petites)  | 5 jours          | Plus aucun mollusque vivant                                                                             |
| Essai n° 3 | 100 Mollusques de -10 mm<br>5 Ecrevisses<br>(3 grosses, 2 moyennes)  | 5 jours          | Plus aucun mollusque vivant                                                                             |

Ces observations confirment donc les résultats obtenus au cours de l'essai préliminaire. La prédation de Biomphalaria glabrata par Cambarus affinis est donc :

- du nombre d'écrevisses mises en contact avec les mollusques : plus elles sont nombreuses, meilleurs sont les résultats. La taille n'a que peu d'influence, les jeunes Cambarus étant aussi voraces — sinon plus — que les adultes.

- de la taille des Biomphalaria.



- de la nature et de l'importance des zones de protection (anfractuosités entre deux pierres) où les mollusques trouvent refuge lorsqu'ils sont de petite taille.

Les Biomphalaria de moins de 10 mm sont dévorés en totalité par cinq Cambarus dans un délai de cinq jours (84 % au bout de quatre jours avec trois écrevisses seulement).

Les individus de 10-15 mm le sont en huit jours (3 écrevisses), sauf si les refuges sont inaccessibles aux crustacés.

Les exemplaires de 15-22 mm sont tués beaucoup plus lentement et les coquilles plus ou moins fracturées demeurent sur place : 52 % au bout de 12 jours (4 écrevisses), la totalité au bout de 25 jours (5 écrevisses).

## 1.2. Action sur les pontes.

Nous avons procédé à cinq essais différents (avril)mai 1974) :

1.2.1. Premier essai : une tuile plate est disposée dans un aquarium de 170 litres renfermant des Biomphalaria acclimatés en état de se reproduire. Au bout de quelques jours, la tuile est recouverte de pontes. Elle est alors sortie du bac. L'une des faces est totalement ratiée, tandis que sur l'autre les pontes (115 en tout) sont soigneusement conservées.

La tuile est replacée dans un aquarium de 90 litres, en surélévation sur deux pierres, la face couverte de pontes dirigée vers le haut.

Durant la durée de l'expérience, la température est maintenue à 21-23 °C, l'aération est assurée par des pompes "Belton" et de la poudre d'algues est distribuée régulièrement. On ajoute quatre écrevisses (une grosse et trois moyennes), auxquelles on fournit une nourriture d'appoint à base de carottes. Au bout de 10 jours, les pontes commencent à éclore. Le vingtième jour, tout est terminé. A cette date, on note la présence dans le bac de quelques jeunes Biomphalaria que les écrevisses ne peuvent atteindre.

Leur nombre n'augmente pas et, à la fin de l'expérience, on ne dénombre que huit jeunes mollusques.



Il apparaît donc que les Cambarus n'attaquent pas directement les pontes, mais les jeunes qui en sont issus : la prédation sur les pontes est donc indirecte.

1.2.2. Les quatre essais suivants ont eu lieu à la même époque et dans les mêmes conditions.

On utilise des cristallisoirs de 20 litres chauffés à 22-23 °C, bien aérés, dans lesquels sont introduits en même temps un nombre variable de Biomphalaria adultes nourris à la laitue fraîche et cinq écrevisses à jeun (deux grosses et trois moyennes).

Les mollusques, avant d'être mangés par les écrevisses, pondent sur les parois du récipient. Les pontes sont comptées et on observe attentivement le moment où elles commencent à éclore et le moment où elles disparaissent.

Un mois plus tard, le cristalloir est vidé et les jeunes mollusques de la nouvelle génération ayant échappé à l'action prédatrice des Cambarus sont isolés et comptés.

Les cristallisoirs sont :

- ou nus (Essai n° 2)
- ou garnis de pierres plates disposées jusqu'à mi-hauteur (Essai n° 3), jusqu'à la surface de l'eau (Essai n° 4) ou laissant entre elles des interstices et des anfractuosités susceptibles de servir de refuge aux mollusques (Essai n° 5).

Les résultats figurent au tableau suivant :



ACTION DE *CAMBARUS AFFINIS* SUR LES PONTES DE *BIOMPHALARIA GLABRATA*

| Durée de chaque essai : 1 mois                                                          | Essai n° 2    | Essai n° 3    | Essai n° 4   | Essai n° 5    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| Nombre de <u>Biomphalaria</u> adultes                                                   | 100 (10-12mm) | 150 (15-18mm) | 60 (15-20mm) | 100 (20-21mm) |
| Nombre de pontes                                                                        | 25            | 108           | 73           | 40            |
| Eclosion des pontes en                                                                  | 13 jours      | 11 jours      | 10 jours     | 15 jours      |
| Disparition des <u>Biomphalaria</u> adultes en                                          | 4 jours       | 1 mois        | 12-14 jours  | 24 jours      |
| Nombre de jeunes <u>Biomphalaria</u> de la nouvelle génération à la fin de l'expérience | 10            | 50            | 0            | 0             |

Conclusion : Les résultats confirment les observations faites au cours de l'essai n° 1 : les écrevisses n'attaquent pas directement les pontes de Biomphalaria. Elles agissent indirectement en exterminant les jeunes nouvellement éclos, à condition qu'ils soient à leur portée. Lorsqu'ils sont à l'abri sous les pierres ou dans les cavités qu'elles délimitent, l'action prédatrice des écrevisses ne s'exerce que partiellement et il demeure suffisamment de jeunes capables de repeupler très rapidement le milieu.

2. Variations de l'activité prédatrice des Cambarus en fonction de la saison et du nombre d'individus.

Cinq essais ont été réalisés de mai 1974 à avril 1975 mettant en jeu 5 500 mollusques et 53 écrevisses.

2.1. Matériel et méthode : dans toute cette série d'essais, on a utilisé des aquarium de verre de 170 litres remplis d'eau neutralisée à la Contra-chlorine. L'oxygénation est assurée par un filtre aspirateur Eheim et par deux pompes "Belbul". La température est maintenue entre 21-23 °C. Le fond des aquarium est garni d'une mince couche de sable et de branches d'arbres que l'on entrelace sur toute la hauteur en mailles peu serrées, ce qui facilite les déplacements horizontaux et verticaux des crustacés (Essai n° 1). A ce dispositif, on ajoute, pour



les essais 2, 3, 4 et 5, plusieurs pierres superposées servant de refuge.

Des feuilles de salade fraîche destinées à l'alimentation des mollusques sont réparties régulièrement à la surface de tous les bacs.

La nourriture des écrevisses est à base de fragments de carottes et de viande crue que l'on distribue trois semaines après le début de l'expérience pour les essais n° 1, 2 et 3 et, dès le départ, pour les essais 4 et 5.

Carottes et viande sont remplacées au fur et à mesure des besoins, en évitant tout excès, l'accumulation de substances protidiques en cours de décomposition entraînant la pollution rapide des bacs.

Les populations de Biomphalaria sont constituées pour moitié d'individus de 5-12 mm et de 15-22 mm de diamètre.

Les écrevisses pêchées directement dans la Saône comprennent des exemplaires de longueur différente en proportions variables.

Les essais n° 1 et n° 2 ont été effectués à la fin du printemps et au début de l'été 1974, les essais n° 3 et n° 4 à l'automne de la même année et l'essai n° 5 durant l'hiver 1974-1975.

## 2.2. Résultats et commentaires.

La lecture du tableau suivant montre que :



VARIATIONS DE L'ACTIVITE PREDATRICE DES CANCARUS EN FONCTION DE LA SAISON ET DU NOMBRE D'INDIVIDUS

|                                                                         |                               |                                             |                             |                                    |                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                                         | Essai n° 1<br>29-5-5-8-1974   | Essai n° 2<br>14-6-5-8-1974                 | Essai n° 3<br>6-8-2-10-1974 | Essai n° 4<br>7-8-6-11-1974        | Essai n° 5<br>12-11-1974-15-4-1975           |
| Nombre de <u>Biomphalaria</u> adultes                                   | 500 (5-12mm)<br>500 (17-22mm) | 500 (5-10mm)<br>500 (15-21mm)               | 1 000 (toute<br>taille)     | 1 000 (toute<br>taille)            | 1 500 (12-15mm)                              |
| Nombre d'écrevisses                                                     | 10 (grande<br>taille)         | 15 (5 grosses,<br>5 moyennes,<br>5 petites) | 5 (4 grosses,<br>2 petite)  | 10 (5 grosses,<br>5 petites)       | 13 (7 grosses,<br>6 petites)                 |
| Nombre de pontes                                                        | 150                           | 180                                         | 140                         | 103                                | —                                            |
| Eclosion des pontes en                                                  | 10-20 jours                   | 10-20 jours                                 | 14 jours                    | 15-20 jours                        | 10 jours                                     |
| Disparition des <u>Biomphalaria</u><br>adultes en                       | 21 jours                      | 1 mois                                      | 35 jours                    | + de 2 mois                        | Reste 0,7 p.100 de la<br>population initiale |
| Présence de jeunes <u>Biomphalaria</u> de<br>la nouvelle génération (°) | +                             | ++                                          | +++                         | +++                                | ++++                                         |
| Nombre de mollusques de la nouvelle<br>génération en fin d'expérience   | 0                             | 0                                           | 0                           | 0                                  | 150                                          |
| Nourriture d'appoint des écrevisses                                     | Au bout de 3<br>semaines      | Au bout de 3<br>semaines                    | Au bout de 3<br>semaines    | Carottes et<br>viande au<br>départ | Carottes et viande<br>au départ              |

(°) Moins de 50 individus = +  
De 50 à 100 individus = ++  
De 100 à 150 individus = +++  
Plus de 150 individus = ++++



2.2.1. La disparition des populations de Biomphalaria glabrata demande au cours de l'été et au début de l'automne :

- trois semaines - un mois, lorsque 10 à 15 Cambarus sont mis en contact avec 1 000 Biomphalaria de toute taille ;
- un peu plus d'un mois, lorsque, pour une même population de mollusques, le nombre d'écrevisses est réduit à cinq.

Dans les deux cas, les écrevisses se nourrissent uniquement de Biomphalaria. Toutefois, une nourriture d'appoint à base de carottes et de viande est fournie quand le nombre de mollusques diminue par trop.

De cette façon, les écrevisses demeurent en bon état et sont capables d'attaquer les nouvelles populations de mollusques issues de la précédente.

2.2.2. Quand, dès le début de l'expérience, on ajoute dans le bac des fragments de carottes et de viande, l'action prédatrice des Cambarus à l'égard des Planorbes est beaucoup plus lente : il faut alors un peu plus de deux mois pour obtenir la destruction totale d'une population de 1 000 Biomphalaria par 10 écrevisses.

2.2.3. Durant toute cette période, les jeunes Biomphalaria issus de la génération précédente sont mangés par les Cambarus et sont éliminés complètement des bacs :

- en un mois et demi, de juin à octobre (5, 10 et 15 écrevisses) ;
- en deux mois et trois semaines (10 écrevisses et 1000 Biomphalaria), lorsque la nourriture des écrevisses est plus variée (mollusques, légumes et viande).

2.2.4. Lorsque l'activité naturelle des Cambarus diminue, c'est-à-dire durant l'hiver (de novembre à la fin avril), l'action prédatrice des écrevisses, dans un milieu qui renferme par ailleurs d'autres éléments nutritifs (viande et carottes), est fortement réduite. Elles ne parviennent pas à détruire la totalité des Biomphalaria (en cinq mois, 99, 27 % avec 13 écrevisses et 1 500 mollusques).

Quelques adultes survivent, ce qui est suffisant pour assurer le réensemencement du bac et une nouvelle population va se développer quand les circonstances redeviennent favorables, c'est-à-dire vers le milieu du printemps.



Il est donc vain, dans un milieu contaminé, d'espérer l'anéantissement total des Biomphalaria à l'aide des seules écrevisses américaines dont l'action prédatrice — pourtant très nette — est mise en défaut à certaines époques de l'année, ce qui risque de laisser subsister des reliquats de populations capables de se reproduire ultérieurement et de repeupler très rapidement le milieu.

### 3. Résistance de Cambarus affinis à la chaleur.

Classiquement, on considère que les écrevisses américaines sont relativement résistantes à la chaleur : Cambarus affinis se développe normalement à des températures comprises entre 4 et 28 °C, alors que les Astacus, surtout Astacus astacus, s'accommodent mal d'une température supérieure à 20 °C. Or, dans les régions tropicales chaudes, la température des eaux varie en fonction du milieu (eaux stagnantes ou eaux de rivière), de la saison (saison sèche et saison des pluies), de l'altitude et de la profondeur.

C'est ainsi qu'au Tchad, la température des couches d'eau superficielles du Lac de Fianga (Mayo-Kebbi) est, en hiver, de 25-27 °C. Par contre, à la fin de la saison sèche (mai, juin), une forte insolation et une diminution importante du niveau des eaux amènent une élévation sensible de la température qui peut atteindre en surface 38 °C et, à 1,60 m de profondeur, 35-36 °C. De telles conditions sont peu favorables à la survie des mollusques et des crustacés. Elles ne durent que quelques heures, car, outre le refroidissement nocturne, le vent et les tornades assurent le brassage des eaux. La température tombe alors de 5 à 7 °C.

Il n'en demeure pas moins qu'en saison sèche, des températures de 29-31 °C ne sont pas rares dans certains pays tropicaux, notamment la Guadeloupe. Le but de ces recherches était de savoir si C. affinis pouvait s'adapter à des températures supérieures à 28 °C et, dans l'affirmative, quel serait le taux de mortalité.

3.1. Matériel et Méthode : Nous avons cherché à reproduire le plus fidèlement possible les conditions existant sur le terrain. Pour ce faire, un dispositif spécial a été mis en place comprenant :

- un aquarium de 90 litres (sans sable, ni branchages) rempli d'eau sur une hauteur de 35 cm ;



- un bain-marie permettant de chauffer l'eau à différentes températures ;
- le bain-marie est branché, grâce à un tuyau de plastique, directement au robinet, ce qui assure une circulation d'eau faible, mais continue ;
- deux aspirateurs "Eheim" sont placés, le premier dans le bain-marie et, le second, dans l'aquarium. Ils refoulent l'eau chaude du bain-marie dans l'aquarium et celle de l'aquarium dans l'évier, ce qui évite les débordements. On règle par tâtonnements la circulation d'eau fournie par le robinet : elle est fonction du débit des aspirateurs "Eheim".
- Le bain-marie fonctionne toute la journée de 8 heures à 19 heures. Il est ensuite débranché pendant la nuit et le refroidissement nocturne de l'aquarium s'effectue progressivement grâce à la circulation d'eau continue.
- les écrevisses ont été pêchées dans la Saône, lavées et jetées immédiatement dans l'aquarium (°).
- l'eau du robinet est neutralisée à la Contra-chlorine.

### 3.2. Résultats.

3.2.1. Premier essai (16.9.1974 au 6.11.1974) : 11 écrevisses (un tiers de petites et deux tiers de grosses). - Nourriture : exclusivement des fragments de carottes.

Les résultats figurent au tableau suivant (p. 72) : au total, 6 écrevisses ont disparu, soit 54 %. Dans le bac témoin (10 Cambarus), il n'y avait que quatre morts soit 40 %.

Il est bon de remarquer qu'au cours de cet essai :

- les écrevisses ont reçu uniquement des fragments de carottes qu'elles consomment, à défaut d'autre chose, mais en petite quantité. Sorties de leur milieu naturel, elles vivent un certain temps sur leurs réserves qui s'épuisent peu à peu. Elles maigrissent, ce qui les rend plus sensibles à l'action des agents extérieurs.

---

(°) Chaque bac d'expérience est accompagné d'un bac témoin où des écrevisses en nombre variable sont entretenues à la température du laboratoire et nourries de la même manière.



-- les écarts entre température maximale et température minimale, surtout à la phase 2, sont peu marqués et les écrevisses récupèrent mal la nuit.

*RESISTANCE DE CAMBARUS AFFINIS A LA CHALEUR (premier essai)*

| Temps                          | Températures (moyennes) en 0 °C                  |                       | Mortalité des écrevisses |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                | maximale (jour)                                  | minimale (nuit)       |                          |
| 22 jours<br>6.9 au 7.10.1974)  | 28,6 °C<br>5 jours à 30-32 °C<br>7 jours à 29 °C | 27,1 °C<br>(21-29 °C) | néant                    |
| 13 jours<br>,10 au 20.10.1974) | 29,2 °C<br>3 jours à 29 °C<br>8 jours à 30-31 °C | 28,6 °C<br>(27-30 °C) | 5 mortes                 |
| 17 jours<br>1.10 au 6.11.1974) | 26,5 °C<br>(26-30 °C)                            | 25,8 °C<br>(24-27 °C) | 1 morte                  |
| Sur 52 jours                   | 28,1 °C                                          | 27,1 °C               | 6 mortes sur 11          |

3.2.2. Deuxième essai (22.5.1975 au 18.6.1975) : au cours de ce second essai, nous avons distribué aux écrevisses de la viande, augmenté la moyenne des températures maximales et diminué la moyenne des températures minimales.

20 écrevisses de taille moyenne ont été utilisées.

Comme l'indique le tableau suivant, la mortalité est de 35 %.

Dans le bac témoin, 40 écrevisses ont reçu la même nourriture et ont été entretenues dans un aquarium fortement oxygéné où la température est en moyenne de 19,7 °C : la mortalité n'est que de 8 Cambarus, soit 20 %.



## RESISTANCE DE CAMBARUS AFFINIS A LA CHALEUR (deuxième essai)

| Temps                          | Températures (moyennes) en 0 °C |                       | Mortalité des écrevisses           |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
|                                | maximale (jour)                 | minimale (nuit)       |                                    |
| 10 jours<br>1.5. au 31.5.1975) | 30 °C<br>(28-32 °C)             | 22,4 °C<br>(17-26 °C) | 1 morte                            |
| 10 jours<br>6 au 10.6.1975)    | 27,1 °C<br>(22-31 °C)           | 21,3 °C<br>(18-24 °C) | 4 mortes dont 1 en<br>cours de mue |
| 8 jours<br>1.6 au 18.6.1975    | 29 °C<br>(28-32 °C)             | 23,1 °C<br>(22-25 °C) | 2 mortes dont 1 en<br>cours de mue |
| Sur 28 jours                   | 28,7 °C                         | 22,2 °C               | 7 mortes sur 20                    |

Les résultats des deux expériences sont rassemblés au tableau ci-dessous :

## RESISTANCE DE CAMBARUS AFFINIS A LA CHALEUR (résultats globaux)

| Nombre d'écrevisses | Premier Essai | Deuxième Essai | Total        |
|---------------------|---------------|----------------|--------------|
| expérience          |               |                |              |
| - utilisées         | 11            | 20             | 31           |
| - mortes            | 6             | 7              | 13 soit 41 % |
| moins               |               |                |              |
| - utilisées         | 10            | 40             | 50           |
| - mortes            | 4             | 8              | 12 soit 24 % |

Le changement de milieu (de la rivière à un aquarium de laboratoire) entraîne chez les écrevisses une agression qui se traduit par une mortalité de l'ordre de 25 %, mortalité que l'on retrouve dans toutes les expériences précédentes et qu'il est impossible d'éviter. Elle est plus élevée chez les crustacés nourris exclusivement avec des débris de légumes que chez ceux qui reçoivent une alimentation mixte (viande, carottes).

L'élévation de la température moyenne du milieu provoque une surmortalité qui peut être chiffrée à 15 % environ, surmortalité qui s'avère plus importante lorsque la



température nocturne de l'eau ne baisse pas sensiblement. Il est bien évident que les conditions du laboratoire sont, pour les crustacés, très sévères et qu'il n'est pas possible d'extrapoler complètement aux milieux naturels les résultats obtenus dans ces conditions : ces milieux sont, en effet, plus vastes, mieux aérés et les crustacés peuvent trouver, surtout en profondeur, des zones où la température est supportable.

Les Cambarus peuvent donc fort bien s'adapter à certains milieux tropicaux, pourvu que les conditions climatiques ne soient pas excessives.

4. Antagonisme possible de Cambarus affinis et de certains autres crustacés décapodes, en particulier le "Ouassou", Macrobrachium carcinus.

Dans les rivières de Guadeloupe existent des crevettes d'eau douce (Crustacés décapodes) qui appartiennent à deux familles :

- les Atyidae dont les premières paires de péréiopodes sont terminées habituellement par des broches de longs poils.
- les Palaemonidae qui ne présentent pas cette particularité.

Parmi les Palaemonidae, on trouve deux genres :

- le genre Palaemon, dont la carapace porte deux épines sur le bord antéro-latéral.
- le genre Macrobrachium dont la carapace ne porte pas plus d'une épine sur le bord antéro-latéral. Cinq espèces sont connues en Guadeloupe : l'espèce principale, Macrobrachium carcinus ou "Ouassou" ou "Z'habitant" ou "Cribiche" est caractérisée par un rostre court avec des dents dorsales dont quatre au moins sont situées en arrière du bord orbital. Les seconds péréiopodes des mâles sont subégaux. Les doigts sont légèrement plus courts que la palme et l'abdomen est strié longitudinalement.

Cette crevette est, sur le plan culinaire, très prisée en Guadeloupe. Elle atteint des prix élevés, procurant ainsi des ressources supplémentaires aux nombreux pêcheurs, qui s'adonnent à cette occupation. L'introduction éventuelle d'écrevisses américaines dans un milieu fermé comme la Guadeloupe où il existe déjà des crevettes d'eau douce d'un grand intérêt économique pose un problème et il s'agissait de savoir si, dans le cadre d'une lutte biologique, Cambarus et Macrobrachium étaient susceptibles de cohabiter, sans se gêner, ni se détruire. En réalité, aux



Grandes Antilles (Cuba), les deux genres semblent coexister sans inconvénients majeurs.

Dans ce but, il a été décidé de ramener quelques exemplaires de Macrobrachium en France et de les mettre en contact avec des écrevisses américaines.

4.1 Mise en élevage : 14 Macrobrachium (2 M. carcinus et 12 M. faustinum et M. crenulatum) ont été placés, quelques heures avant le départ de l'avion Pointe-à-Pitre - Paris, dans un arrosoir rempli d'eau de rivière dont l'alimentation en oxygène était assurée par un "Belbul" à pile. Le brassage de l'eau est absolument indispensable, car, dès que la pile donne des signes de fatigue ou s'arrête, les Macrobrachium s'agitent, remontent à la surface, recherchent de l'oxygène et, risquent de périr.

Après 18 heures de voyage sans trop d'incidents, (les piles ont été changées une fois), les crevettes ont été transvasées dans un aquarium de 180 litres préparé à l'avance et chauffé à 21-23 °C. Le bac est garni de sable et de pierres superposées, de manière à ce que les crustacés aient des abris suffisants.

L'oxygénation de l'aquarium est assurée par un aspirateur "Eheim" et par trois pompes "Belbul", ce qui est largement suffisant.

Pendant toute la durée de l'expérience, la température a été maintenue à 20-21 °C la nuit et, à 22-23 °C durant la journée.

Au début, l'eau contenue dans l'aquarium provenait d'une rivière de montagne non polluée située à 60 km de Lyon. Au bout de deux mois, nous avons utilisé — comme pour les mollusques — l'eau du robinet neutralisée et cela sans aucun inconvénient. Compte tenu de ce qui nous avait été dit, nous avons, les deux premiers jours, donné des fragments de carottes, de noix de coco et de banane : mais cette nourriture n'a pas intéressé les crevettes. Des fragments de viande ont alors été distribués : ils ont été avalés en quelques minutes. Ce résultat concluant nous a amenés à distribuer quotidiennement de la viande et, deux fois par semaine, des morceaux de carottes fraîches.

La coexistence dans un aquarium de surface réduite de Macrobrachium appartenant à des espèces différentes ne pose pas de problèmes majeurs, tant que les crustacés



ne sont pas en mue. Les "Ouassous", très agressifs et beaucoup plus longs que les autres Macrobrachium, occupent le centre du bac et repoussent les autres crevettes de chaque côté : celles-ci ont tendance à se mettre à l'abri sous les pierres. Elles parviennent, cependant, à se nourrir convenablement.

Au moment des mues (mensuelles chez les "Ouassous"), les crevettes sont particulièrement vulnérables, car elles ont les plus grandes difficultés à se débarrasser de leur carapace et cette opération qui a lieu généralement la nuit peut durer plusieurs heures. Empêtrées dans leur carapace, elles ne peuvent fuir. Si la mue se passe à l'abri sous une pierre, tout se passe bien. Sinon, elles subissent l'attaque de leurs congénères, surtout des "Ouassous", qui coupent pinces et pattes et qui dévorent une partie de l'abdomen avec d'autant plus de facilité que les tissus de remplacement sont, aussitôt après la mue, extrêmement tendres. Dans ces conditions, nous avons vu disparaître peu à peu la population de l'aquarium, à raison de :

- 1.11.1974 : 1 Macrobrachium sp.
- 4.11.1974 : "
- 6.11.1974 : "
- 29.11.1974 : "
- 2.12.1974 : "
- 6.12.1974 : "
- 15.12.1974 : "
- 17.12.1974 : "
- 4.01.1975 : "
- 4.01.1975 : 1 "Ouassou" femelle
- 9.01.1975 : 1 Macrobrachium sp.
- 14.01.1975 : "
- 1.02.1975 : "

La femelle "Ouassou", en cours de mue, a été dévorée par son mâle le 4.01.1975. Celui-ci a continué à vivre normalement dans un cristalliseur de 20 litres, où, pour libérer des aquarium de plus grande capacité, il avait été installé.

#### 4.2. Mise en contact de *Cambarus* et de Ouassous.

Dans un aquarium de 80 litres avec fond de sable, mais sans pierres, ni branchages susceptibles de servir de refuge, ont été mis une écrevisse de taille moyenne et le seul "Ouassou" survivant.



## 5. CONCLUSIONS

L'action prédatrice malacophage de Cambarus affinis est fonction du nombre d'écrevisses mises au contact des Biomphalaria, de la taille des mollusques et de la configuration du milieu.

Les individus de moins de 10 mm sont, la plupart du temps, tués en 5 jours, ceux de 10-15 mm le sont en 8 jours et ceux de 15-23 mm, en 3 semaines.

Les coquilles les plus petites sont dévorées en totalité. Les plus grosses sont fracturées et le corps du mollusque aspiré et dévoré.

Sur les pontes, l'action prédatrice des Cambarus s'exerce de façon indirecte : les écrevisses s'attaquent aux jeunes individus issus des pontes, lorsque ceux-ci passent à leur portée.

L'action prédatrice de Cambarus affinis se manifeste surtout durant la période d'activité des crustacés, c'est-à-dire d'avril à octobre : des populations de 1 000 Biomphalaria glabrata sont détruites en 3 semaines avec 10 et 15 écrevisses, en un peu plus d'un mois avec 5 Cambarus seulement.

Lorsqu'une nourriture d'appoint est ajoutée, la prédation des Biomphalaria est plus lente et il faut deux mois et demi pour assurer la destruction totale de 1 000 Biomphalaria par 10 écrevisses.

Durant cette période, les jeunes Biomphalaria, issus de la population initiale, cessent d'être visibles au bout d'un mois et demi.

En hiver, avec une nourriture d'appoint, les écrevisses sont beaucoup moins actives et la disparition des populations de Biomphalaria glabrata n'est pas totale (99,27 %), laissant survivre quelques adultes capables de réensemencer le milieu le printemps suivant.

Le changement de milieu (de la rivière à l'aquarium de laboratoire) provoque, chez les Cambarus, une mortalité de 25 %.

L'élévation de la température moyenne du bac d'expérience (au-delà de 28-29 °C) entraîne une surmortalité de 15 %, surmortalité qui s'accroît légèrement, lorsque la température nocturne ne diminue pas sensiblement.



Les deux crustacés, nourris avec de la viande et des fragments de carottes, ont vécu en bonne intelligence du 16.04.1975 au 19.05.1975. Au contact du Cambarus, le Macrobrachium perd de son agressivité et tolère les déplacements de l'écrevisse. Il surveille constamment son partenaire, sans jamais l'attaquer. Au cours d'un second essai, nous avons utilisé trois écrevisses mâles de grande taille, maintenues au laboratoire depuis plus de 6 mois. Cambarus et Macrobrachium sont demeurés en contact du 21.05.1975 au 18.06.1975 et dans les mêmes conditions (températures de 20-24 °C — carottes et viande — pas d'abri).

Les crustacés ont tous mué une fois sans incidents. Les écrevisses courent sur trois côtés du bac, en laissant le quatrième à la disposition du "Ouassou". Celui-ci ne se déplace guère. Il n'y a pas eu de combat.

Ces observations montrent que :

- les Macrobrachium peuvent être entretenus au laboratoire, à condition de respecter un certain nombre de règles :

- le volume et la surface des aquariums devront être calculés de telle façon qu'ils permettent de loger sans difficulté des crevettes de grande taille. Ils seront pourvus de nombreux abris destinés à protéger les individus en cours de mue ;

- il ne faudra pas mélanger les espèces, car les plus petites risquent d'être dévorées par les plus grosses ;

- l'eau où vivent les crustacés devra être claire et fortement oxygénée. La température sera comprise entre 18 et 24 °C ;

- la nourriture sera essentiellement à base de viande. On veillera à ce que celle-ci soit constamment disponible au fond des bacs : en effet, les Macrobrachium — comme les Cambarus — sont, avant tout, des carnivores, les débris végétaux et les fragments de légumes n'intervenant que pour une faible part dans leur régime alimentaire ;

- la cohabitation des Macrobrachium et des Cambarus adultes est possible dans un milieu particulièrement réduit comme un aquarium de 1,20 m de long, même s'il n'y a pas d'abri (pierres ou branchages). Toutefois, nos essais — trop limités — ne permettent pas de tirer des conclusions définitives. Il faudrait les reprendre en utilisant un nombre plus élevé d'individus, (tous ceux dont nous disposons étant morts), entretenus sur un laps de temps plus long et dans un récipient de plus grande capacité.



Apparemment — et sous réserve d'essais plus poussés — il ne semble pas y avoir d'antagonisme entre l'écrevisse américaine et certaines crevettes d'eau douce (Macrobrachium carcinus) que l'on trouve à la Guadeloupe. Cambarus affinis représente donc un moyen de lutte biologique valable contre Biomphalaria glabrata. On ne peut, toutefois, espérer atteindre 100 % d'efficacité. Il serait judicieux de coupler son action prédatrice à celle d'autres agents biologiques (poissons notamment) qui "termineraient" le travail.

d) Enfin, certaines larves d'insectes dévorent à l'occasion les mollusques, et leurs pontes. Il s'agit de larves de Diptères Tétanocères (genre Tetanocera) qui pénétrant par effraction dans la coquille des Planorbidés et les dévorent. Mais les insectes des pays tempérés s'acclimatent difficilement en pays tropicaux.

## II. AGENTS INDIRECTS DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES MOLLUSQUES : COMPETITEURS

On sait qu'une lutte biologique efficace peut être envisagée à partir de mollusques appartenant à des espèces voisines introduites dans le même habitat. Cette compétition sera d'autant plus âpre que les espèces sont, du point de vue biologique, plus proches l'une de l'autre.

En général, les mollusques vecteurs sont, les premières semaines de leur existence, très fragiles : ils requièrent une nourriture spéciale et ont un taux de mortalité élevé.

Les mollusques mis en compétition devront donc être plus résistants, peu exigeants en matière d'alimentation et capables de se reproduire rapidement et massivement. Ils ne seront pas vecteurs de trématodes de l'homme et des animaux domestiques.

### A. POTAMOPYRGUS JENKINSI

L'idée d'une compétition alimentaire entre mollusques dont l'effet serait applicable à la lutte biologique contre les mollusques vecteurs de trématodes remonte à 1961. En effet, depuis 1961, le gastéropode Prosobranch Potamopyrgus jenkinsi est en constante extension en Corse (21) (51) (52) (93) (99). Actuellement, la grande majorité des cours d'eau est envahie. Cette pullulation est pro-



## B. PHYSA ACUTA

Des essais également menés à l'E.N.V.L. sur une durée d'un an, ont montré que l'action compétitive de Physa acuta à l'égard de Biomphalaria glabrata ne se manifestait pas (77).

## C. HELISOMA DURYI

L'étude des phénomènes de compétition a été poursuivie en choisissant deux Planorbidae voisins : Helisoma duryi, Wetherby et Biomphalaria glabrata, tous deux originaires d'Amérique. Le choix de ces deux mollusques s'explique par les raisons suivantes :

a) Du point de vue morphologique, ce sont des mollusques qui se ressemblent beaucoup :

- Helisoma duryi que BAKER (7) place dans le sous-genre Seminolina est un Helisomatinae de grande taille (20 mm et plus), à coquille senestre, ne comportant qu'un petit nombre de tours de spires carénées qui s'élargissent rapidement de l'intérieur vers l'extérieur. Portée perpendiculairement, elle est de couleur brune tirant sur le noir avec quelques taches blanches sur le manteau et au niveau de l'oeil.

La plupart du temps plate et discoïdale (Type 1), la coquille peut parfois s'éti-rer et s'allonger au niveau des spires, ce qui lui donne l'aspect d'une Physe (Type 2). Le matériel utilisé au cours de cette expérience était de Type 1.

- Biomphalaria glabrata est un Planorbidae également de grande taille (plus de 20 mm), à coquille senestre, avec des tours de spires arrondis qui s'élargissent lentement de l'intérieur vers l'extérieur. L'extrémité du dernier d'entre eux, légèrement relevée est nettement déviée vers la gauche. L'ombilic est logé au fond d'une profonde dépression. La coquille est de couleur brune, un peu plus claire que celle d'Helisoma duryi, parfois grisâtre ou blanchâtre. Le manteau peut être taché de blanc.

La différence des deux espèces sur de simples critères morphologiques n'est donc pas chose aisée.



blement due à la pollution des côtes, elle-même en rapport avec la densité humaine croissante sur ces côtes. Parallèlement, P. jenkinsi élimine progressivement les Bulins de leurs anciens gîtes. Il a, en outre, été montré (100) que P. jenkinsi se révèle être une espèce peu exigeante quant à ses conditions d'existence, résistante aux conditions défavorables et aux variations des facteurs physico-chimiques et climatiques. Sa biologie a bien été étudiée au laboratoire (100).

Il serait possible d'envisager l'introduction de Potamopyrgus jenkinsi dans les zones où les Bulins sont vecteurs de Bilharzioses, à condition d'étudier au laboratoire le fait de leur prédation, et de s'assurer que Potamopyrgus ne peut, à son tour, devenir vecteur de la maladie.

Une telle étude devait être entreprise au Laboratoire de Parasitologie de l'EN.V.L., mais la sécheresse qui a sévi en France à la fin du printemps et durant l'été a éliminé toute possibilité de se procurer des Potamopyrgus dans les régions où la présence de ces mollusques avait été signalée antérieurement, notamment autour de Dijon et de Clermont-Ferrand.

Grâce à l'obligeance du Pr QUILICI et de Mme le Pr LEGER (°), nous avons pu obtenir en septembre 1976 quelques exemplaires de Potamopyrgus provenant de Corse. Malheureusement, dans les conditions de notre élevage, les Potamopyrgus ont disparu avant d'avoir eu la possibilité de se multiplier et les cristallisoirs où ils se trouvaient ont été envahis par des Physa.

D'ailleurs, selon une communication personnelle de M. le Dr MANDAHN-BARTH, "it is very difficult to keep this species in captivity at the temperature optimal for Biomphalaria and, at a lower temperature, where it is easy to keep Potamopyrgus, Biomphalaria will not multiply. Their temperature preferences are too different to make a real competition possible".

Dans ces conditions, cet essai a été provisoirement abandonné. Un second essai, commencé en mai 1977, est en cours.

---

(°) que nous tenons à remercier vivement.



b) Du point de vue biologique, Helisoma duryi et Biomphalaria glabrata sont également très proches. On sait en effet (61) que Biomphalaria glabrata est capable, au laboratoire, de donner six générations par an, parfois plus, qu'il se développe normalement d'avril à novembre avec un "trou hivernal" de décembre à mars et qu'en neuf mois, la population initiale peut être multipliée par 18.

Pour Helisoma duryi, des observations faites de juillet 1975 à janvier 1977 sur deux populations élevées au laboratoire dans des bacs de 20 litres montrent :

- qu'en huit mois, la population initiale peut être multipliée par 20,
- que, sur un an, il est possible d'obtenir une nouvelle génération tous les mois et demi. La reproduction se poursuit toute l'année avec, toutefois, un certain "creux" hivernal qui est beaucoup moins marqué que chez les Biomphalaria.

Les deux espèces ont donc une biologie très comparable.

c) Dernier point : Si les Helisomatinae servent aux U.S.A. d'hôtes intermédiaires (98) à de nombreux parasites de batraciens, de poissons, d'oiseaux et de rongeurs (Allasostoma parvum, Psilostomum ondatrae, Petagifer nitidus, Echinostoma revolutum, Clinostomum complanatum, Clinostoma attenuatum, etc.), leur rôle vecteur à l'égard des trématodes de l'homme (Schistosoma mansoni) ou des ruminants domestiques (Schistosomes Fasciola, Paramphistomes) n'a, jusqu'à présent, jamais été démontré.

Par comparaison, cette expérience a été couplée avec une seconde destinée à étudier l'action compétitive d'Helisoma duryi à l'égard de Physa acuta, Draparnaud (Pulmonata : Physidae) qui possède un cycle biologique à peu près semblable (77).

## 1. Matériel et méthode

1.1. Le matériel : Les Helisoma duryi ont été fourni par M. le Dr MANDAHLE-BARTH<sup>(°)</sup> du Danish Bilharziasis Laboratory, Charlottenlund, Danemark (souche originaire de Floride, U.S.S.).

Expédiés à la fin de juin 1975 par la poste dans des boîtes, des lits de coton mouillé enserrant les mollusques, ils sont demeurés "en souffrance" pendant plus

---

(°) Que nous tenons à remercier vivement.



de 15 jours au centre de tri postal de Lyon-Vaise. A l'ouverture du colis, le coton était complètement desséché et les mollusques paraissaient tous morts. Ils ont cependant été placés dans un cristalliseur rempli d'eau fraîche et, à notre très grande surprise, 17 d'entre eux ont repris vie, ce qui démontre la grande résistance d'Helisoma duryi à la dessiccation.

Les 17 exemplaires se sont reproduits normalement (deux générations en moins de quatre mois) et ce sont les jeunes issus de ces deux générations qui ont servi aux expériences.

Les Biomphalaria provenaient d'une souche ramenée de la Guadeloupe en décembre 1972 et entretenus depuis au laboratoire sans trop de problèmes (61).

Les Physa ont été récoltés en Ethiopie (Barrage de Koka, Province du Shoa) et élevés au laboratoire dans des conditions qui ont déjà été précisées.

1.2. Méthode : Les mollusques ont été placés dans des aquariums de verre à monture métallique de 20 et de 90 litres remplis d'eau du robinet neutralisée à la Contra-chlorine.

Un aspirateur (filtre "Eheim") à circulation continue et pourvu d'un filtre à charbon de bois permet de purifier l'eau qui est rejetée dans le bac à l'aide d'une rampe percée de trous, ce qui assure la bonne oxygénation du milieu. Ce procédé est utilisé pour les aquarium de 90 litres, tandis que pour les bacs de 20 litres, on utilise une pompe de type "Belbul".

La température journalière des bacs, grâce à une résistance électrique, est maintenue entre 22 et 23 °C de janvier à mai et, entre 21 et 23 °C de septembre à décembre. En été, les fenêtres de la salle d'élevage demeurant ouvertes, elle oscille autour de 22-25 °C.

La nourriture est à base de salade crue distribuée tous les deux ou trois jours, selon la saison, nourriture que l'on complète une ou deux fois par semaine avec de la poudre d'algues vertes.

Dès que l'eau se charge trop abondamment de matières organiques (de 1 à 3 mois, selon la capacité des aquarium), le bac est nettoyé. L'eau est filtrée sur gaze



et tamis, de manière à recueillir le plus grand nombre possible de jeunes mollusques peu ou pas visibles à l'oeil nu.

Nous avons procédé à trois séries d'essais qui ne sont pas encore totalement achevés, car, pour être valable, l'observation doit porter sur une période d'un an, de ce fait, englober l'époque de reproduction maximale des mollusques ('printemps, été) et la période de reproduction minimale (hiver) :

- Essai n° 1 : 250 Helisoma de 5 à 15 mm et 250 Biomphalaria de 5 à 15 mm — commencée le 12.02.1976.
- Essai n° 2 : 20 Biomphalaria de 20-25 mm et 20 Helisoma de 20-25 mm — commencée le 29.05.1976.
- Essai n° 3 : 46 Physa adultes et 46 Biomphalaria de 15-20 mm — commencée le 15.04.1976.

Bien que l'on sache déjà à quoi s'en tenir, des populations témoins de Physa, de Biomphalaria et d'Helisoma ont été élevés dans des bacs séparés, de façon à suivre leur développement au cours de la période considérée.

## 2. Résultats

Ils figurent au tableau et au graphique suivants :



ACTION COMPETITIVE DE *H. DURYI* A L'EGARD DE *B. GLABRATA* ET DE *PHYSA ACUTA*

| Nombre de Mollusques vivants |                     |                 |                     |                 |              |                 |
|------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Mollusques comptés le ...    | Essai n° 1          |                 | Essai n° 2          |                 | Essai n° 2   |                 |
|                              | <i>Biomphalaria</i> | <i>Helisoma</i> | <i>Biomphalaria</i> | <i>Helisoma</i> | <i>Physa</i> | <i>Helisoma</i> |
| 13.02.1976                   | 250                 | 250             |                     |                 |              |                 |
| 15.04.1976                   |                     |                 |                     |                 | 46           | 46              |
| 18.05.1976                   | 74                  | 700             |                     |                 | 45           | 45              |
| 29.05.1976                   |                     |                 | 20                  | 20              |              |                 |
| 17.06.1976                   | 36                  | 500             | 20                  | 20              | 36           | 39              |
| 21.07.1976                   |                     |                 | 30                  | 596             | 620          | 36              |
| 11.08.1976                   | 31                  | 580             | 19                  | 460             | 604          | 34              |
| 23.10.1976                   |                     |                 | 16                  | 400             | 200          | 50              |
| 29.11.1976                   |                     |                 |                     |                 | 200          | 70              |
| 20.01.1977                   | 0                   | 490             | 5                   | 320             | 190          | 87              |

2.1. Lorsque l'on met en présence 250 *Biomphalaria* et 250 *Helisoma* adultes (Essai n° 1), on observe chronologiquement les faits suivants : les *Helisoma* se multiplient normalement et, trois mois après le début de l'expérience, ils sont trois fois plus nombreux qu'au départ. Pour *Biomphalaria glabrata*, c'est exactement l'inverse qui se produit.

Au bout de six mois, la population d'*Helisoma* baisse, mais les mollusques sont néanmoins, deux fois plus nombreux qu'ils ne l'étaient au départ. La population d'*Helisoma duryi* demeure à peu près stable (deux fois la population d'origine).

L'essai n° 2 qui n'est pas encore terminé confirme dans ses grandes lignes les résultats obtenus : au bout de huit mois, dans un bac de 20 litres où, au départ, avaient été introduits 20 *Biomphalaria* et 20 *Helisoma* de grande taille, on dénombre une population totale de 325 individus comprenant 5 *Biomphalaria* de 12 mm (1,5 %) et 320 *Helisoma* (98,5 %).

Dans les bacs témoin, la multiplication des mollusques se poursuit normalement et nous n'avons pas constaté, chez les *Biomphalaria*, de mortalité anormale.



EVOLUTION DE DEUX POPULATIONS DE B. GLABRATA ET DE H. DURYI MISES EN CONTACT





2.2. La compétition entre Physa acuta et Helisoma duryi prend un tout autre aspect : A partir de juin et jusqu'en octobre, le nombre de Physa est multiplié par 13,5, tandis que le nombre d'Helisoma diminue de 25 %.

A partir d'octobre, c'est l'inverse qui se produit : la population de Physa, tout en demeurant 4 fois supérieure à la population d'origine, s'amenuise ; la population d'Helisoma retrouve son niveau primitif.

Huit mois après le début de l'expérience, la population de Physa est en baisse constante, la population d'Helisoma croît (x 2).

Les observations vont être poursuivies jusqu'à la fin du mois d'avril 1977.

### 3. Discussion

Helisoma duryi présente donc un intérêt certain en matière de lutte biologique contre les mollusques vecteurs de Bilharziose.

Les résultats obtenus au laboratoire de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon confirment ceux d'AYAD et Coll. (6) et d'ABDALLAH et NASR (1). Ces auteurs, en Egypte, obtiennent, en huit mois, l'extinction totale des populations de Biomphalaria sp. et de Bulinus truncatus mises en contact avec le même nombre d'Helisoma duryi.

Pour expliquer ce phénomène, plusieurs raisons ont été avancées :

3.1. Pour certains (6), le potentiel de reproduction des Helisoma est bien supérieur à celui des Biomphalaria : ils se reproduisent plus vite et en plus grand nombre et parviennent ainsi à dominer progressivement les populations de Biomphalaria glabrata.

Pour vérifier ce fait, nous avons établi, sur une période de 10 mois, la moyenne journalière de pontes :

- dans le bac ayant servi à l'essai n° 1 (Helisoma + Biomphalaria) ;
- dans un bac renfermant un peu plus de 550 Biomphalaria, cette population a été maintenue à un niveau constant par remplacement immédiat et nombre pour nombre des mollusques morts.



Les pontes de Biomphalaria et d'Helisoma ont, dans chaque espèce, le même aspect : elles sont jaunâtres et arrondies. Ne pouvant les distinguer nettement les unes des autres, nous les avons confondues.

Elles ont été comptées chaque jour dans les angles fermés par les cornières constituant l'armature des aquarium, car les mollusques préfèrent déposer leurs pontes dans ces zones peu éclairées plutôt que sur les parois de verre trop exposées à la lumière.

La lecture du graphique ( p.89) montre que, dans le bac renfermant des populations de Biomphalaria et d'Helisoma mélangées, le nombre de pontes augmente régulièrement jusqu'en mai, passe par un maximum en juin-juillet, baisse en août (°), pour se maintenir durant l'automne et le début de l'hiver à un niveau relativement constant (sauf en novembre).

Début juin, le nombre de Biomphalaria ayant baissé considérablement (-85,6 %) par rapport à la population initiale), on peut considérer qu'à compter de cette date, les pontes sont, dans leur quasi totalité, issues des Helisoma.

Chez les Biomphalaria, la courbe des pontes prend également, à partir d'avril, une allure ascendante, mais à un niveau moins élevé (-30 %). A partir d'août, le nombre de pontes journalières est bien supérieur à celui des Helisoma (+28 %) en moyenne, de septembre à fin janvier).

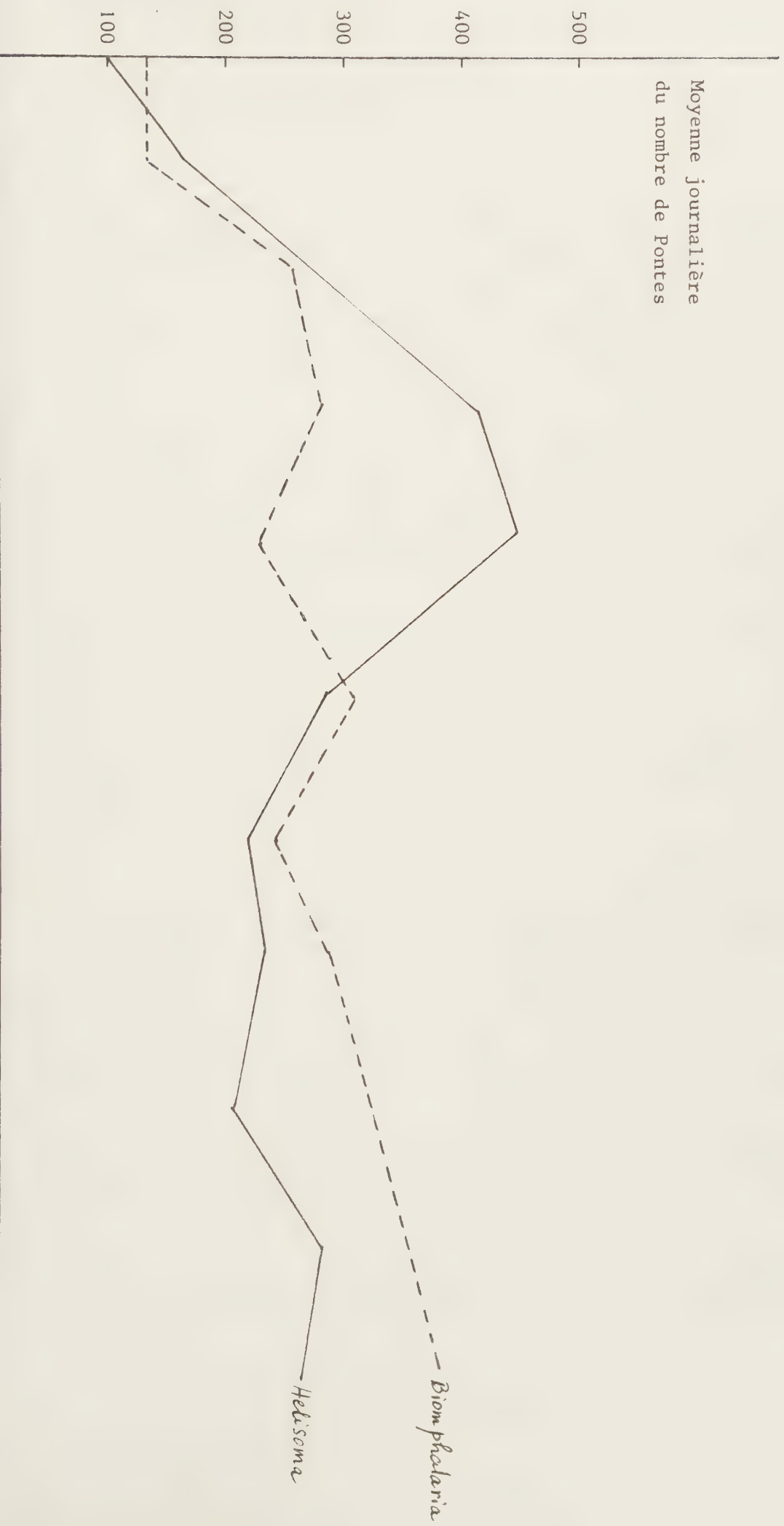
Dans ces conditions, il est difficile d'affirmer que, pour des populations numériquement identiques, le potentiel de reproduction des Helisoma est supérieur à celui des Biomphalaria. Il varie selon les saisons pour ne présenter en définitive, sur une période de 10 mois, que des différences minimes.

3.2. MANDAHLE-BARTH et AYAD (6) ont envisagé une seconde possibilité : les Helisoma, dans le milieu où ils se trouvent excréteraient une substance encore inconnue capable d'inhiber le développement des oeufs des autres mollusques.

---

(°) Situation anormale propre à l'année 1976 où, à cette époque, une chaleur torride a entraîné l'élévation continue et durable de la température de l'eau contenue dans les bacs, ce qui nuit à la reproduction des mollusques (61).



POTENTIEL DE REPRODUCTION DE DEUX POPULATIONS DE *B. GLABRATA* ET DE *H. DURYI* SUR UNE PERIODE DE 10 MOIS



Pour vérifier cette hypothèse, nous avons procédé à deux essais :

3.2.1. Dans un cristallisateur en verre de 10 litres, on laisse pondre une vingtaine de Biomphalaria adultes. Lorsqu'il existe un peu plus de 200 pontes sur les parois, on vide l'eau du cristallisateur et on la remplace par une même quantité provenant d'un bac où 60 exemplaires adultes d'Helisoma duryi ont séjourné durant trois semaines (l'eau a déjà pris une couleur ambrée caractéristique).

La température du bac est maintenue à 23 °C, l'oxygénation est assurée par une pompe "Belbul" et de la poudre d'algues est répartie toutes les semaines à la surface du liquide. 10 jours plus tard, les premières éclosions se produisent. Au bout d'un mois, les jeunes mollusques (2 à 5 mm) apparaissent sur les feuilles de salade disposées en surface et destinées à servir de "piège".

Un mois et demi après le début de l'expérience, le bac est envahi par environ 500 jeunes Biomphalaria.

Cette expérience prouve donc de façon très nette que les Helisoma, dans le milieu où ils se trouvent, n'excrètent aucune substance toxique pour les pontes des autres mollusques mis à leur contact.

3.2.2. Dans un bac cylindrique, on introduit des Biomphalaria adultes qui se reproduisent aussitôt. Au bout d'une quinzaine de jours, on les retire et on suit l'évolution des pontes (800) sur les parois de verre.

Les premières éclosions ont lieu au bout de 9 jours et se poursuivent régulièrement les 10 jours suivants.

Les jeunes Biomphalaria, gros comme une tête d'épingle, sont parfaitement visibles sur les parois du récipient.

On dépose alors dans le bac 5 Helisoma adultes (°). Les jeunes Biomphalaria disparaissent rapidement et, au bout de 4 jours, il n'en reste plus.

---

(°) Nourriture à base de poudre d'algues et de salade crue en abondance.



Quatre mois plus tard, on retrouve dans le bac les 5 Helisoma adultes et 242 jeunes.

Contrairement à l'hypothèse émise par MANDAHN-BARTH et AYAD, il ne s'agit pas d'une action compétitive, mais d'une véritable prédation qui s'exerce à l'égard des jeunes Biomphalaria nouvellement éclos.

Dans une certaine mesure, cette action est comparable à celle de Marisa cornuarietis.

#### 4. CONCLUSIONS

Ces premières observations — qui ne sont pas encore définitives — permettent de penser qu'Helisoma duryi présente un grand intérêt dans la lutte biologique contre les mollusques vecteurs : cet Helisomatinae, en moins d'un an, est capable de dominer entièrement une population importante de Biomphalaria glabrata et de la faire disparaître complètement : il ne s'agit pas d'une compétition au sens strict du terme, mais plutôt d'une prédation, Helisoma duryi attaquant et détruisant les jeunes Biomphalaria de moins de trois semaines.

En matière de lutte biologique, l'intérêt d'Helisoma duryi est rehaussé par le fait que ce mollusque n'est pas — jusqu'à plus ample informé — vecteur de trématodes susceptibles d'infester l'homme et les ruminants domestiques.

En outre, des expériences récentes (64) montrent que lorsque des Helisoma duryi et des Biomphalaria pfeifferi (il en serait d'ailleurs de même pour Biomphalaria glabrata) en nombre égal sont "exposés" à des miracidium de Schistosoma mansoni, la présence de la première espèce entraîne, chez la seconde, une réduction du taux d'infestation qui tombe à 18,8 % contre 63,4 % chez les témoins (sans Helisoma). Le pourcentage de mortalité des Biomphalaria pfeifferi infestés s'accroît, tandis que le diamètre moyen de la coquille diminue.

La production de furcocercaires, calculée par groupe de 100 mollusques soumis à l'infestation par Schistosoma mansoni, passe de 486 000 pour le groupe infesté sans Helisoma à 19 000 pour le groupe infesté avec Helisoma, le nombre de mollusques dans chaque expérience étant égal. Si la proportion d'Helisoma duryi et de Biomphalaria pfeifferi est de 2 pour 1, la production de furcocercaires n'est



plus que de 7 900. Helisoma duryi inhibe donc le développement du sporocyste en cercaires.

Et FRANDSEN (64) conclut : "A certain reduction in the snail-factor may cause the population of Schistosomes to reach a critical number — the break-point — where the parasite population can no longer be sustained. The observations made in our Laboratory indicate that it may be possible to reach the "break-point" by using a competitor snail that has an influence on the number of intermediate hosts and on cercarial production".

Ce double effet est atteint avec Helisoma duryi, ce qui rend ce mollusque du plus haut intérêt dans la lutte biologique contre les mollusques vecteurs de trématodoses humaines et animales.



## CONCLUSIONS

Ces recherches qui, sur une période comprise entre octobre 1975 et janvier 1977, ont mobilisé près de 8 000 Biomphalaria glabrata ont permis d'aboutir à quelques résultats intéressants :

1. L'algue cyanophycée Microcystis (Aphanocapsa) farlowiana, DROUET et DAILY, n'exerce une action molluscicide que dans la mesure où la toxine qu'elle renferme est capable de se libérer dans le milieu où vivent les mollusques.

Pour parvenir à ce résultat, il faut faire subir aux algues des traitements mécaniques (ultra-sons) ou thermiques (chauffage à température élevée) difficiles, voire impossibles à réaliser sur le terrain.

Les algues séchées et déshydratées perdent peu à peu leur pouvoir toxique et doivent être utilisées immédiatement après leur préparation.

Dans ces conditions Microcystis farlowiana ne peut être retenue dans la lutte biologique contre les mollusques vecteurs de bilharziose.

2. Les deux bactéries étudiées - Souche N.R.S. 1467 et Souche Aeromonas Cra-paud - sont pratiquement dépourvues d'action molluscicide à l'égard de Biomphalaria glabrata.

3. L'action malacophage de certains poissons Perciformes de la famille des Cichlidae, notamment des Tilapia (Sarotherodon mossambicus et Tilapia rendalli) est extrêmement nette à l'égard des pontes et des Biomphalaria de moins de 10 mm; ce qui empêche le renouvellement des populations de mollusques et les voue à l'extinction progressive.

4. L'action prédatrice malacophage de l'écrevisse Cambarus affinis varie selon la taille du mollusque ; cette même action est indirecte sur les pontes,



l'écrevisse s'attaquant aux jeunes nouvellement éclos, lorsque ceux-ci sont à sa portée. Cette action prédatrice n'est donc pas totale, mais elle peut être couplée avec celle d'autres agents biologiques, les poissons en particulier.

5. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec un planorbidé américain, Helisoma duryi. Cet Helisomatinae, en moins d'un an, est capable de dominer entièrement une population importante de Biomphalaria glabrata et de la faire disparaître totalement.

Il ne s'agit pas, en réalité, d'une compétition au sens strict du terme, mais plutôt d'une prédation, Helisoma duryi attaquant et détruisant les jeunes Biomphalaria de moins de trois semaines.

En outre, des Helisoma duryi mis en contact avec des Biomphalaria glabrata infestés par Schistosoma mansoni provoquent une diminution de l'émission cercarienne, diminution d'autant plus marquée que la population d'Helisoma duryi est plus nombreuse. Le mollusque inhibe le développement des Sprocystes de Schistosoma mansoni en furcocercaires.

Ce double effet — action sur le nombre de mollusques vecteurs et sur la production de furcocercaires de Schistosoma mansoni — rend Helisoma duryi particulièrement intéressant en matière de lutte biologique.

Les essais entrepris en matière de lutte biologique sont loin d'être terminés et demandent à être poursuivis dans les secteurs les plus prometteurs, c'est-à-dire celui des mollusques et des poissons malacophages, sans oublier les virus et les bactéries molluscicides dont il importe de poursuivre l'inventaire.



## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ABDALLAH (A.), NASR (T.) Helisoma duryi as a means of Biological Control of Schistosomiasis vector snails. J. Egypt. med. Ass. 1973, 56, 514-520.
  
- 2 - ANDRADE (R.M.), CARLOS (M.F.A.) Combati biologico : Tilapia melanopleura, Dumeril versus B. glabrata, Say em condicoes de Laboratorio. Revta. bras. Malar. Doenç. trop. 1970, 21, 49-58.
  
- 3 - ANSARI (N.) Epidemiology and Control of Schistosomiasis (Bilharziasis). (Publication O.M.S.). S. Karger. Bâle, Munich, Paris, 1973, 752 pp.
  
- 4 - ARNOULT (J.) Intérêt des poissons malacophages dans la lutte contre les Bilharzioses à Madagascar. Naturaliste malgache, 1954, 6, 87-90.
  
- 5 - ARRIGON (J.) Aménagement Piscicole des eaux intérieures. Sédétec s.a. éditeur, Paris 1970, 643 pp.
  
- 6 - AYAD (N.), MOUSA (A.H.), ISHAK (M.M.), YOUSIF (F.), ZAGHBOUL (S.) A Preliminary study on biological control of the snail intermediate hosts of Schistosomiasis in U.A.R. by Helisoma duryi snails. Hydrobiologie, 1970, 35, 196-202.
  
- 7 - BAKER (F.C.) The molluscan family Planorbidae. Univ. Illinois Press, Urbana, 1945, 123-134.
  
- 8 - BARD (J.) Pisciculture et Bilharziose. Bois et Forêts des Tropiques, 1963, 90, 50-53.
  
- 9 - BARD (J.) et MUOGO (C.) Note d'information sur l'Astatoreochromis alluandi, poisson molluscophage utilisable dans la prophylaxie de la bilharziose. Bull. Soc. Path. exot. 1963, 56, 119.
  
- 10 - BARD (J.) et MUOGO (C.) Seconde note d'information sur l'Astatoreochromis alluandi, poisson molluscophage utilisable dans la prophylaxie de la bilharziose. Bull. Soc. Path. exot. 1964, 57, 21-23.



- 11 - BARNISH (G.) An investigation into the control of the Schistosome host snail Eiomphalaria pfeifferi, Krauss by the fish Engraulicypris brevianalis. Rhodesia agric. J. 1971, 68, 63-66.
- 12 - BERG (C.O.) Biological Control of Snail-borne Diseases : A review. Expl. Parasit. 1973, 33, 318-330.
- 13 - BIRGI (E.), GRABER (M.) Mollusques Pulmonés d'eau douce basommatophores, vecteurs au Tchad d'affections parasitaires du bétail ; leur élevage en laboratoire. Rev. élev. Méd. Vét. Pays trop. 1969, 22, 393-408.
- 14 - BIRGI (E.), GRABER (M.) Etude malacologique du Lac de Fianga, Mayo-Kebbi. République du Tchad. Région de Recherches Zootechniques et Vétérinaires d'Afrique Centrale. Laboratoire de Farcha - Fort-Lamy (République du Tchad), Juillet 1969, 87 pp.
- 15 - BISHOP (C.T.), ANET (E.), GORHAM (P.R.) Isolation and identification of the fas-death-factor in Microcystis aeruginosa NRC-I. Can. Journal Biochemistry Physiol. 1959, 37, 453-471.
- 16 - BOUCHET (A.) Essais de lutte biologique. Etude du pouvoir malacophage de certains poissons. Rapport Lab. Elevage Madagascar. I.E.M.V.T. (à paraître).
- 17 - BOURRELLY (P.) Notices botaniques et itinéraires commentés. 8<sup>ème</sup> Cong. Int. Bot. Paris ; III, 2, Savoie, Jura, Dombes, Phycologie d'eau douce. 1954, 23-24.
- 19 - BOURRELLY (P.) Les Algues d'eau douce Paris 1966-1968-1970. Boubée Ed.  
Tome I - Les Algues vertes (512 pp)  
Tome II - Les Algues jaunes et brunes (440 pp)  
Tome III - Les Algues bleues et rouges (544 pp).
- 20 - BREGEAT (D.) La lutte contre les Mollusques, hôtes intermédiaires d'Helminthes parasites de l'homme et des animaux domestiques. Thèse Doc. Vét. Alfort 1973.
- 21 - CHABAUD (A.G.), DURETTE-DESSET (M.C.), BAIN (O.), LEGER (N.), ALBARET (J.L.) Potamopyrgus et Bullinus en Corse (Août 1969). Annls. Parasit. hum. comp. 1969, 44, 821-824.



- 22 - CHADEFAUD (D.) et EMBERGER (C.) Traité de botanique systématique ; Tome I : Les végétaux non vasculaires. Masson et Cie. Paris 1960, 1018 pp.
- 23 - COCHE (A.G.) La Pisciculture en rizière. Possibilités au Congo dans le haut Katanga méridional. Bull. agric. Congo Belge, 1960, 51, 1105-1146 et 1241-1296.
- 24 - COMBES (C.), LEGER (N.) et GOLVAN (Y.J.) Le Rôle du Rat dans la dynamique de l'endémie schistosomienne en Guadeloupe. CR Acad. Sci. 1975, Série D 281 1059.
- 25 - COURMES (E.), FAURAN (P.), BENEX (J.D.R.) et DESCHIENS (R.) Action prédatrice de copépodes du genre Cyclops sur les formes larvaires libres de Schistosomes. Bull. Soc. Path. exot. 1964, 57, 381-384.
- 26 - GRIDLAND (C.C.) Aquatic snails considered as vectors of Schistosomiasis. C.C.T.A./CS.A.? 1954, Publ. 6, 123.
- 27 - CRUZ (J.O.), DIAS (E.) Bacillus pinotii Sp. n. Trans. R. Soc. trop. Méd. Hyg., 1953, 47, 581-582).
- 28 - DAYNES (P.) La distomatose à Madagascar - L'utilisation des molluscicides dans la lutte contre Limnae natalensis hovarum. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 1969, 22, 385-392.
- 29 - DAYNES (P.) La distomatose à Madagascar - Cycle de Fasciola Gigantica. Rev. élev. Méd. Vét. Pays trop. 1967, 20, 557-562.
- 30 - DAYNES (P.), GRABER (M.) Principales Helminthoses des animaux domestiques en Ethiopie. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 1974, 27, 301-306.
- 31 - DAZO (B.C.), HAIRSTON (N.G.) et DAWOOD (I.K.) The Ecology of bulinus truncatus and Biomphalaria alexandrina and its implications for the control of Bilharziasis in the Egypt. 49. Project Area Bull OMS 1966, 35, 339.
- 32 - DE BONT (A.F.) Rap. Ann. I.R.S.A.C., 1949, n° 2, 161. 1950, n° 3, 1951, n° 4 et 1952-1953, n° 5, 9-14.
- 33 - DE BONT (A.F.) Lutte contre les mollusques dans les eaux africaines. Bull. agric. Congo Belge, 1956, 47, 377-380.



- 34 - DE BONT (A.F.) Haplochromis mellandi. Bull. agric. Congo Belge, 1956, 47, 1100-1108.
- 35 - DE BONT (A.F.) Contrôle biologique des mollusques d'eau douce et des maladies qu'ils transmettent. Annls. Soc. belge Méd. trop., 1956, 36, 667-672.
- 36 - DE BONT (A.F.), DE BONT-HERS (M.J.) Mollusc control and fish farming in Central Africa, Nature, 1952, 170, 323.
- 37 - DE BONT (A.F.), DE BONT-HERS (M.J.) Haplochromis mellandi Blgr. poisson malacophage. Rev. Zool. Bot. afri. 1956, 53, 370-376.
- 38 - DEGREMONT (G.) Mémento technique de l'eau 1972 - Paris 1 097 pp.
- 39 - DESCHIENS (R.) Mecanisme de l'action léthale de *Cypridopsis hartwigi* sur les mollusques vecteurs des bilharzioses. Bull. soc. Path. exot. 1954, 47, 399.
- 40 - DESCHIENS (R.) et LAMY (L.) Action prédatrice des écrevisses des genres *Astacus* et *Cambarus* sur les mollusques vecteurs des bilharzioses. Bull. soc. Path. exot. 1954, 47, 809-813.
- 41 - DESCHIENS (R.), DECHANGE (M.), VERMEIL (C.) Action prédatrice des crabes d'eau douce du genre Potamon sur les mollusques vecteurs de bilharzioses. Bull. Soc. Path. exot. 1955, 48, 203-207.
- 42 - DESCHIENS (R.), LAMY (L.) Préhension et Ingestion des Mollusques vecteurs des bilharzioses par les écrevisses du genre *Cambarus*. Bull. Soc. Path. exot. 1955, 48, 201-203.
- 43 - DIAS (E.) Nota previa Sobre ensalos de Combatz aos Planorbideos per metodos biologicas et bioquimicas. Mem. Inst. oswaido Cruz. 1954, 52, 247-252.
- 44 - DIAS (E.) Guerra bacteriologica Contro os hospederos intermediaros da esquistomose humana. Mem. Inst. os aido Cruz. 1954, 52, 315-320.
- 45 - DIAS (E.) et DAWOOD (M.M.) Preliminary Trials of B.E.T. on killing the snails in Egypt. J. Egypts. Publ. health Ass. 1955, 30, 9-22.



- 46 - DIAS (E.) et DAWOOD (M.M.) Preliminary Trials on the biological snail control with *Bacillus pinotii* in Egypt - *Memorias de Instituto Oswaldo Cruz*. 1955, 53, 13-29.
- 47 - DINNIK (J.A.) The snail hosts of certain Paramphistomatidae and Gastrothylacidae (Trematoda) discovered by the late D 2. P.L. le Roux in Africa J. Helminth 1965, 39, 141-150.
- 48 - DINNIK (J.A.) Intestinal Paramphistomiasis and Paramphistomum microbothrium Fichoeder in Africa. Bull. epizoot. Dis. Afr. 1964, 12, 439-454.
- 49 - DINNIK (J.A.) et DINNIK (N.N.) Development of *Carmyerius exoporus* Maples-tone (Trematoda : Gastrothylacidae) in a snail host. Parasitology 1960, 50, 469-480.
- 50 - DINNIK (J.A.) Paramphistomum phillerouxi sp. nov. (Trematoda Paramphistomatidae) and its development in *Bulinus forskalii* J. Helminth. 1961, 35, 69-90.
- 51 - DOBY (J.M.), MANDAHLE-BARTH (G.), CHABAUD (A.), DEBLOCK (S.) Elimination de *Bulinus truncatus rivularis* (Philippi) des collections d'eau connues pour l'héberger par *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith, 1889) (Hydrobiidae) et utilisation éventuelle de ce mollusque pour le contrôle biologique des Bilharzioses. C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris, 1965, 261, 4244-4246.
- 52 - DOBY (J.M.), CHABAUD (A.), MANDAHLE-BARTH (G.), RAULT (B.), CHEVALLIER (H.) Extension en Corse du mollusque gastéropode *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith, 1889) (Hydrobiidae). Bull. Mus. Nat. Hist. nat. Paris, 1966, 37, 833-843.
- 53 - DROUET (F.) Studies on *Myxophyceae*. Field Mus. Nat. Hist., Chicago, Bot. Sér., 1939, 43, 125-141.
- 54 - EUZEBY (J.) Principes de la lutte contre les Mollusques aquatiques hôtes intermédiaires des Trématodes digènes parasites de l'homme et des animaux domestiques? Cahiers Méd. Vét. 1969, 38, 131-166.
- 55 - EUZEBY (J.) Bilharzioses Animales et Bilharzioses de l'homme - Relations épidémiologiques. Cahiers Méd. Vét. 1974, 43, 53-72.
- 56 - EUZEBY (J.) Cours de Zoologie - Cours de Parasitologie et Maladies parasitaires. (E.N.V.L.).



- 57 - EUZEBY (J.) Les Maladies Vermineuses des Animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine. Tomme II : Maladies dues aux Plathelminthes. 2<sup>ème</sup> fascicule : Trématodes - Livre I : Généralités pp. 93 à 177) ; pp. 210 à 271. Vigot frères, Paris 1971, 798 pp.
- 58 - EUZEBY (J.) Les Maladies Vermineuses des Animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine. Tomme II : Maladies dues aux Plathelminthes. 3<sup>ème</sup> fascicule : Trématodes. Livre 2 : Trématodoses autres que les formes hépatobiliaires. Bilharzioses. Trématodes des Poissons. Vigot frères, Paris 1975, 855 pp.
- 59 - EUZEBY (J.) et GRABER (M.) Enquête parasitaire en Guadeloupe. Bull. Soc. Path. Exo. 1973, 66, 558-567.
- 60 - EUZEBY (J.) et GRABER (M.) Deuxième enquête parasitologique en Guadeloupe. Note I - Les Trématodes des oiseaux aquatiques. Bull. Soc. Sci. Vét. et Méd. Comp. de Lyon 1975, 77, 317-320.
- 61 - EUZEBY (J.), GRABER (M.), THOMASSET (R.) La recherche des procédés de lutte biologique. Rapport final Contrat D.G.R.S.T. n° 7270165, Equilibres et luttés biologiques. Lutte contre les Bilharzioses en Guadeloupe, Lyon 1976, 57 pp.
- 62 - FERGUSON (F.F.) et RUIZ-TIBEN (E.) Review of Biological Control Methods for Schistosome - bearing snails Ethiop. Méd. J. 1971, 9, 95-104.
- 63 - FRANCIS (G.) Poisonous Australian lake - Nature - 1878, 18, 11-12.
- 64 - FRANDSEN (F.) The suppression by Helisoma duryi of the Cercarial production of Schistosoma mansoni - infected Biomphalaria pfeifferi. Bull. Wld. Hlth. Org., 1976, 53, 385-390.
- 65 - GAMET (A.), BROTTES (H.), MVOGO (L.) Premiers essais de lutte contre les vecteurs de Bilharzioses dans les étangs d'une station de pisciculture du Cameroun. Bull. Soc. Path. exot. 1964, 57, 118-124.
- 66 - GERMAIN (L.) et SEGUY (E.) La faune des lacs, des étangs et des marais de l'Europe occidentale. Editions Paul Lechevalier, Paris. 2<sup>ème</sup> éd. 1957, 549 pp.



67 - GEVREY (J.), MICHEL (S.) et EUZEBY (J.) avec la collaboration technique de LESTRA (Th.) Mise en évidence de la toxicité d'un complexe algal sur la faune aquatique - Note 2 : Toxicité à l'encontre de diverses espèces de Limnées. Bull. Soc. Sci. Vét. et Méd. Comp. de Lyon, 1972, 74, 191-194.

68 - GOLVAN (Y.), COMBES (C.), NASSI (H.) Castration du Mollusque *Bimphalaria glabrata* par les larves de divers Trématodes Guadeloupéens. CR Acad. Sci. Paris 280 Série D. Paris 1975, I 607-10.

69 - GORDON (R.E.), HAYNES (W.C.) et PANG (H.N.) The genus *Bacillus*. Agric. Res. Serv. U.S. Dep. Agric. Washington 1973.

70 - GORDON (R.E.), HAYNES (W.C.) et PANG (C.N.H.) The genus *Bacillus*. Agriculture Handbook n° 427 - United States Department of Agriculture Washington 1973.

71 - GORHAM (P.R.) Toxic Waterblooms of blue-green algae. The Canadian Veterinary Journal, 1960, I, 235-245.

72 - GORHAM (P.R.) Toxic Algae extrait de Jackson (D.F.) : *Algae and Man*. Plenum Press édit. New York, 1964, 307-336.

73 - GRABER (M.) Helminthes et helminthiases des équidés (ânes et chevaux) de la République du Tchad, Rev. élev. Méd. Vét. Pays trop. 1970, 23, 207-222.

74 - GRABER (M.) Les Trématodes hépatiques et gastriques des zébus d'Afrique Centrale. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 1975, 28, 311-314.

75 - GRABER (M.) et EUZEBY (J.) Essai de lutte biologique contre les Mollusques vecteurs de bilharzioses. Rôle prédateur de l'écrevisse américaine *Cambarus affinis* (Say). Note préliminaire. Bull. Soc. Path. Exo. 1973, 66, 727-731.

76 - GRABER (M.) et EUZEBY (J.) Lutte biologique contre les mollusques vecteurs de Trématodoses humaines et animales - Rôle prédateur possible d'*Hirudo medicinalis* Linné (Gnathodelliformes : Hirudidae) à l'égard de *Biomphalaria glabrata* Say. Bull. Soc. Sci. Vét. Méd. comparée Lyon 1975, 77, 325-327.



- 77 - GRABER (M.) et EUZEBY (J.) Lutte biologique contre les mollusques vecteurs de Trématodoses humaines et animales - Etude de l'action compétitive de Physa acuta (Draparnaud), à l'égard de Biomphalaria glabrata Say. Bull. Soc. Sci. Vét. Méd. comparée Lyon, 1975, 77, 321-324.
- 78 - GRABER (M.) et DAYNES (P.) Mollusques vecteurs de Trématodoses humaines et animales en Ethiopie. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 1974, 27, 307-322.
- 79 - GRABER (M.), BOUCHET (A.), FINELLE (P.), DESROTOUR (J.) et GRENGDABO (A.) Le parasitisme du zébu dans l'ouest de la République Centrafricaine : 1) Parasitisme des veaux de lait. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 1969, 22, 373-383.
- 80 - GRABER (M.), BOUCHET (A.), FINELLE (P.), DESROTOUR (J.) et GRENGDABO (A.) Le parasitisme du zébu dans l'ouest de la République Centrafricaine : 2) Parasitisme des bouvillons et des adultes. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 1969, 22, 509-519.
- 81 - GRANT (G.A.) et HUGUES (E.O.) Development of toxicity un blue-green algae. Can. J. Public Health, 1953, 44, 334-339.
- 82 - GRENGWOOD (P.H.) Molluscs eating Cichlidae from Lake Victoria. C.C.T.A./C.S.A., 1954, Publ. n° 6, 125.
- 83 - GRETILLAT (S.) Prophylaxie des affections à Trématodes de l'homme et des animaux domestiques par destruction des Mollusques hôtes intermédiaires. Cah. Méd. Vét. 1961, 30 (5).
- 84 - GRETILLAT (S.) Recherches sur le cycle évolutif de Caromyerius dollfusi, Golvan, Chabaud et Grétilat 1957 (Trématoda, Gastrothylacidae) à Madagascar. CR Séances Acad. Sciences Paris 23 mars 1959, n° 248, I 873-75.
- 85 - GRETILLAT (S.) Note préliminaire sur la Gastrothylose des jeunes zébus à Madagascar. Rev. Elev. et Méd. Vét. Pays trop. 1957, 10, 221-230.
- 86 - GRETILLAT (S.) Sur quelques Paramphistomatoidea (Trematoda) d'une collection du Musée Royal de l'Afrique Centrale. Rev. Zool. Bot. Afr. 1964, 69, 351-368.
- 87 - HICKLING (C.F.) Fish Culture. Faber and Faber, London, 1962.



- 88 - HUGUES (E.O.), GORHAM (P.R.) et ZEHNDER (A.) Toxicity of a unialgal culture of *Microcystis aeruginosa* Canadian journal of Microbiology, 1958, 4, 225-236.
- 89 - INGRAM et PRESCOTT Toxic fresh-Wateralgae Am. Midland Naturalist, 1954, 52, 75-87.
- 90 - LAGRANGE (E.) Le Cyrrpin doré (*Carrassius auratus*) mangeur de Australorbis glabratus. Riv. Parassitologia, 1964, 25, 241-244.
- 91 - LAGRANGE (E.), FAIN (A.) Sur un nouveau prédateur des mollusques pulmonés d'eau douce transmetteurs de la Bilharziose. Annls. Soc. belge Méd. trop., 1952, 32, 53-55.
- 92 - LO (C.T.) The inhibitory action of ostracods on snail cultures. Trans. Am. microsc. Soc. 1967, 86, 402-405.
- 93 - LEGER (N) et LEGER (P.) L'extension de Potamopyrgus jenkinsi (Smith, 1889) en Corse (juillet 1973). Analles de Parasitologie, 1974, 49, 343-347.
- 94 - LEVY (M.G.), TUNIS (M.) et ISSEROFF (H.) Population Control in Snails by Natural Inhibitors. Nature 1973, 241, 65-66.
- 95 - LUCAS (A.) J. Conch., 1965, 105, 40.
- 96 - MAC DONALD (G.) The dynamics of Helminth infections with special reference to Schistosomes. Trans. R. Soc. trop. Méd. Hyg., 1965, 59, 499-506.
- 97 - MAC MAHON (J.P.) Preliminary observations on the control by fishes of snails and mosquitoes in dams. East Afri. Res. Organ. Jinja Ann. rep., 1959, 41-46.
- 98 - MALEK (E.A.), CHENG (T.C.) Medical and economic Malacology. Academic Press, Nex York and London, 1974.
- 99 - MARS (P.) Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leur faune malacologique. Thèse Doctorat, Paris, 1961.
- 100 - MICHAUT (P.) Données biologiques sur un gastéropode prosobranche récemment introduit en Côte-d'Or, Potamopyrgus jenkinsi. Hydrobiologia, 1968, 32, 513-527.



- 101 - MICHEL (S.), GEVREY (J.) et WAUTIER (J.) Mise en évidence de la toxicité d'un complexe algal sur la faune aquatique. Note I : Influence sur certains éléments de la faune benthique et sur quelques espèces de poissons. Bull. Soc. Sci. Vét. et Méd. Comparée de Lyon, 1972, 74, 185-189.
- 102 - MICHELSON (E.H.) Studies on the biological control of Schistosome - bearing snails : Predators and parasites of fresh-water mollusca : A review of the literature Parasitology, 1957, 47, 413-426.
- 103 - MOUGEOT (G.) et GOLVAN (Y.J.) Etude des relations entre la longévité de Biomphalaria glabrata et son infestation par Schistosoma mansoni. Etude de la variation quantitative de l'émission des furcocercaires. Bull. Soc. Sci. Vét. et Méd. comparée de Lyon, 1974, 76, 119-124.
- 104 - PAULINYI (H.M.) et PAULINI (E.) Laboratory observations on the biological control of Biomphalaria glabrata by a species of Pomacea (Ampullariidae). Helm. Abstr. 1973, 42, 2 885.
- 105 - SCHAEFERCLAUS (W.) Traité de Pisciculture en étang. Paris 1962. Vigot frères, 622 pp.
- 106 - SHELUBSKY (M.) Observations on the properties of a toxin produced by Microcystis. Verh. Int. ver limnol. 1951, II, 362-366.
- 107 - SIVEIRA DA COSTA (M.) Aperçu général de la pisciculture au Mozambique. C.C.T.A./C.S.A., 1957, Publ. n° 25, 65.
- 108 - SOHN (I.G.), KORNICKER (L.S.) Predation of Schistosomiasis vector snails by ostracoda (Crustacea). Science, N.Y., 1972, 175, I 258 - I 259.
- 109 - STEPHENS (E.L.) Microcystis toxica Sp. Nov. a poisonous alga from the Transvaal and Orange. Hydrobiologie, 1948, I, 14.
- 110 - TEXERA (D.A.) et SCORZA (J.V.) Investigaciones sobre una forma bacteriana parecida al Bacillus pinotii hallada en Venezuela con acción patógena sobre el Australorbis glabratus. Sag. Archivos Venezolanos de Patología Tropical y Parasitología médica, 1954, 2, 235-242.



- 111 - THOMAS (J.D.) Schistosomiasis and the control of Molluscam Hosts of Human Schistosomes with Particular Reference to Possible Self-regulatory Mechanisms. Advances in Parasitology - London, 1973, II, 307-394.
- 112 - TRIPP (M.R.) Is Bacillus pinotii pathogenic ou Australorbis glabratus ? J1 Parasit. 1961, 47, 464.
- 113 - VAN STRYDONCK (D.) Contribution à l'étude de l'anatomie, de la morphologie, et de la systématique des Paramphistomidae Africains. (Plathelminthes : Trematoda) Annales Mus. r. Congo belge Sér. 8 vo. 1970, 183.
- 114 - W.H.O. Bull. World Health Org. 1965, n° 50, 65 pp.
- 115 - WRIGHT (C.A.) Some views on biological Control of Trematode diseases. Trans. Roy. Soc. Trop. Méd. Hyg. 1968, 62, 320-329.



## TABLE DES MATIERES

|                                                                                                      | Pages |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| INTRODUCTION                                                                                         |       |
| Première partie : RAPPEL DE NOTIONS GENERALES .....                                                  | 1     |
| I - Les Trématodoses .....                                                                           | 3     |
| A. Les Bilharzioses .....                                                                            | 3     |
| 1) Bilharziose vésicale à <u>S. haematobium</u> .....                                                | 3     |
| 2) Bilharziose intestinale à <u>S. mansoni</u> .....                                                 | 3     |
| 3) Bilharziose intestinale à <u>S. japonicum</u> .....                                               | 3     |
| 4) Bilharziose intestinale à <u>S. intercalatum</u> , <u>S. bovis</u> et <u>S. curassoni</u> .....   | 3     |
| B. Les Paragonimoses .....                                                                           | 5     |
| C. Les Opisthorchiidoses .....                                                                       | 5     |
| D. Autres Trématodoses hépato-biliaires .....                                                        | 6     |
| E. Le Polyparasitisme .....                                                                          | 6     |
| 1) Chez les Ruminants .....                                                                          | 6     |
| 2) Chez les Equidés .....                                                                            | 7     |
| 3) Chez le Porc .....                                                                                | 7     |
| II - Biologie et écologie des Mollusques .....                                                       | 7     |
| A. Taxonomie .....                                                                                   | 7     |
| B. Biologie .....                                                                                    | 10    |
| 1) Mollusques amphibies .....                                                                        | 10    |
| 2) Mollusques aquatiques .....                                                                       | 11    |
| 3) Mollusques terrestres .....                                                                       | 11    |
| III - Cycles évolutifs .....                                                                         | 12    |
| A. Cycles à deux hôtes .....                                                                         | 12    |
| B. Cycles à trois hôtes .....                                                                        | 13    |
| C. Cycles à quatre hôtes .....                                                                       | 14    |
| IV - Prophylaxie des Trématodoses .....                                                              | 15    |
| A. Action sur les oeufs .....                                                                        | 15    |
| B. Action sur les larves libres .....                                                                | 15    |
| C. Action sur les mollusques hôtes intermédiaires .....                                              | 15    |
| 1) Lutte écologique .....                                                                            | 16    |
| 2) Destruction des mollusques .....                                                                  | 16    |
| D. Prévention de l'absorption des formes infestantes .....                                           | 17    |
| E. Tarissement des sources de parasites .....                                                        | 17    |
| Deuxième partie : LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES MOLLUSQUES .....                                       | 19    |
| I - Agents létaux directs vis-à-vis des mollusques hôtes intermédiaires .....                        | 19    |
| A. Agents toxiques : Algues et extraits d'algues .....                                               | 19    |
| 1) Historique .....                                                                                  | 19    |
| 2) Etudes entreprises au Laboratoire de Parasitologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon ..... | 23    |



|                                                                          |         |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| B. Agents infectieux : Action de diverses bactéries sur                  |         |
| <u>Biomphalaria glabrata</u> .....                                       | 37      |
| 1) Souche N.R.S. 1467 .....                                              | 37      |
| 2) <u>Aeromonas hydrophila</u> .....                                     | 43      |
| C. Parasites .....                                                       | 46      |
| 1) <u>Saccharomyces cerevisiae</u> et <u>Dimeriopsis destructor</u> .... | 46      |
| 2) Larves de trématodes .....                                            | 47      |
| D. Agents prédateurs .....                                               | 48      |
| 1) Vertébrés .....                                                       | 48      |
| a) Mammifères .....                                                      | 48      |
| b) Oiseaux .....                                                         | 48      |
| c) Reptiles .....                                                        | 48      |
| d) Poissons .....                                                        | 48      |
| 2) Invertébrés .....                                                     | 57      |
| a) Annélides .....                                                       | 57      |
| b) Mollusques .....                                                      | 58      |
| c) Crustacés .....                                                       | 58      |
| d) Insectes .....                                                        | 79      |
| II - Agents indirects de la lutte biologique contre les mollusques .     | 79      |
| compétiteurs                                                             |         |
| A. <u>Potamopyrgus jenkinsi</u> .....                                    | 79      |
| B. <u>Physa acuta</u> .....                                              | 81      |
| C. <u>Helisoma duryi</u> .....                                           | 81      |
| CONCLUSIONS .....                                                        | 93      |
| BIBLIOGRAPHIE .....                                                      | 95      |
| TABLE DES MATIERES .....                                                 | 106-107 |



Vu :  
LE DIRECTEUR  
de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,

*[Signature]*

Vu :  
~~LE DOYEN,~~

LE PROFESSEUR RESPONSABLE  
de l'École Nationale Vétérinaire,

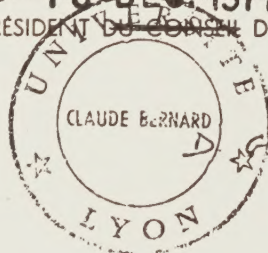
*[Signature]*

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

*[Signature]*

Vu et permis d'imprimer.....

LYON, le 16 DEC 1977 19  
LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ



GERMAIN *[Signature]* LYON I





